

E 2040

04

ETE

Referență



Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA • BUCUREȘTI • ANUL 32 • NR. 1 • MARTIE 1988



CONFERINȚA ANUALĂ DE SEMICONDUCTOARE EDIȚIA A-11-A

Organizată de Comisia Inginerilor și Tehnicienilor
din CCSIT - CE

CAS-88

12-16 octombrie 1988

SCOP

Organizată pentru prima dată în 1978 de către ICCE (actual CCSIT-CE), Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS) constituie forumul anual de prezentare și dezbateră a realizărilor valoroase în domeniul electronicii semiconductoarelor, din țara noastră.

PROFIL TEMATIC

Profilul conferinței este orientat către fizica, tehnologia și aplicațiile componentelor microelectronice, cercetate și realizate pe suport semiconductor. La edițiile precedente s-au organizat secțiuni care, fără a fi limitative, rămân valabile și anul acesta pentru definirea profilului CAS :

- analiza și modelarea dispozitivelor semiconductoare;
- proiectare/inginerie asistată de calculator (CAD/CAE), inclusiv calculatoare personale și stații de lucru;
- tehnologii de microlitografie;
- tehnologii și utilaje de procesarea siliciului;
- cercetări avansate („fundamentale”) de materiale și dispozitive semiconductoare;
- circuite integrate (microelectronică);
- dispozitive semiconductoare de putere (microelectronică de putere);
- transductoare (senzori) cu semiconductoare;
- fiabilitatea componentelor semiconductoare;
- algoritmi și metode de testare (dispozitive și materiale semiconductoare);
- aplicații originale ale dispozitivelor semiconductoare;
- aspecte ecologice ale fabricației de dispozitive semiconductoare.

TERMENE

Acceptarea lucrărilor se va face în două trepte consecutive și interdependente : pe bază de redactări preliminare (treapta I) și pe bază de redactări finale pentru volumul tipărit (treapta II). Termenele limită de primire a materialelor (DEADLINE) sînt următoarele :

- Redactări preliminare (treapta I) 30 martie 1988
- Redactări finale pentru volumul tipărit (treapta II) 30 mai 1988

Redactările preliminare, pentru treapta I (4pagini format A₄+3 copii xerox/carbon), vor fi transmise managerului conferinței :

Ing. Doina Vancu, Manager CAS, CCSIT-CE
Str. Erou Iancu Nicolae 32 B, București
(Telefonul sediului CAS din CCSIT-CE : 33.40.50./506)

„LUCRĂRILE CAS-1988”

Redactările finale ale lucrărilor vor fi realizate pe formulare speciale „albastre” tip A₄ (furnizate de organizatori odată cu răspunsurile la treapta I de selecție) și vor fi transmise (4 pagini format A₄ + 3 copii xerox) managerului conferinței, pînă la 30 mai 1988.

Volumul „Lucrările CAS-1988” va fi realizat fotografic (offset). Ca și la edițiile precedente volumul va fi realizat hibrid : la ambele faze de selecție se acceptă și rezumate în limba engleză.

„PROGRAM ȘTIINȚIFIC

Programul va conține comunicări prezentate oral și comunicări prezentate pe bază de afiș (POSTER). Secțiunile POSTER vor fi dezvoltate în raport cu edițiile precedente. Autorii care doresc apriori să își prezinte lucrarea prin afișare (POSTER) sînt rugați să specifice acest lucru la trimiterea ei.

PARTICIPAREA LA CONFERINȚĂ

Înscrierea la conferință se face prin completarea și trimiterea talonului de participare fermă (rezervare cazare, masa, transport) și achitarea taxei de participare de 250 lei, respectiv a cheltuelilor de cazare-masă (130 lei/zi individual), la sediul CCSIT-CE, cel tîrziu pînă la data de 20 august 1988.

Talonul de participare fermă (rezervare cazare, masă, transport) va fi furnizat de organizatori, pentru participanții cu lucrări acceptate, odată cu răspunsul după treapta II de selecție. Participanții fără lucrări își pot procura talonul de participare fermă de la sediul CAS, cu respectarea termenului de 20 august 1988 pentru rezervarea de loc.

ELECTROTEHNICA, AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

Anul 32

Nr. 1

Martie 1988

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

CUPRINS

EDITORIAL

Lista lucrărilor premiate la CAS/1987

CZ 621.38:539.13

BIOELECTRONICA
ELECTRONICA MOLECULARĂ
BIONICA

Drăgănescu, M.: Actualitate și perspectivă în bioelectronica și electronica moleculară.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 10

Electronica premoleculară (tuburi electronice, tranzistori, microelectronica, fotonica, electronica bazată pe supraconductibilitate) va fi urmată de o electronică moleculară, între acestea existind o legătură asigurată de o viziune funcțională a electronicii, prin funcțiuni convenționale și funcțiuni ale inteligenței artificiale și robotice. Bioelectronica, definită drept „bionica aplicată electronicii” cuprinde domeniile biosenzorilor, biocipurilor, electronicii macromoleculare sau molecular-chimice, neurobionicii (rețele neurale) și electronicii moleculare (în două variante) examinate succint în lucrare. Se expun unele considerații privind extinderea electronicii moleculare de tip Conrad la o electronică de tip organismic.

CZ 621.3.04:621.37.6

CIRCUITE INTEGRATE SPECIFICE PENTRU APLICAȚII
CIRCUITE INTEGRATE SEMIPROCESATE
UTILIZAREA ARIILOR DE PORTI

Olteanu, D.: Circuite integrate semiprocuate, o alternativă în reducerea decalajului tehnologie din electronică.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 22

Lucrarea prezintă domeniul circuitelor integrate specifice pentru aplicații (ASIC) analizând unele aspecte ale fabricării și utilizării lor. Se evidențiază realizările și tendințele pe plan mondial în domeniu și, plecându-se de la un exemplu concret se arată avantajele deosebite care se pot obține în realizarea sistemelor utilizând această tehnică.

Lucrarea arată că prin „cablarea” direct în siliciu a unor funcții logice tot mai complexe, specifice aplicației, pe baza unei noi relații fabricant-utilizator se pot obține progrese semnificative în industria electronică românească.

CZ 621.382.3:621.37.029.6:621.373.7

TRANZISTOR MODFET
MODEL CUANTIC
GAZ BIDIMENSIONAL

Voinigescu, S.: Studiul distribuției cuantice de sarcină în tranzistoarele cu efect de câmp cu modulație de dopaj.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 27

Lucrarea prezintă un model cuantic rafinat pentru calculul distribuției de sarcină în tranzistoare cu gaz bidimensional de electroni. Modelul implică rezolvarea numerică a ecuațiilor Schrödinger și Poisson și a permis, în premieră, confirmarea teoretică a distribuției experimentale de electroni în canalul unui tranzistor MODFET. Este investigată influența efectelor introduse de neparabolicitatea benzii de conducție asupra acurateții modelelor cuantice existente în literatură.

CZ 621.3.016.4:621.375.4

TRANZISTOARE CU SILICIU
FUNCȚIONARE LA TEMPERATURĂ RIDICATĂ
ENERGIE DE ACTIVARE

Bizu, M. ș.a.: Mecanisme de defectare accelerate termic și electrice apărute la funcționarea componentelor semiconductoare.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 31

Sint prezentate rezultatele obținute în cadrul unui program de lucru cu care s-a evidențiat acțiunea a trei factori de stress, cei mai importanți pentru îmbătrânirea accelerată a componentelor semiconductoare: temperatura, cimpul electric și curentul electric. Se constată dependența energiei de activare de condițiile de polarizare electrică, ceea ce implică reevaluarea relației Arrhenius.

CZ 620.193.7

BAZA EPITAXIALĂ
CORODARE MESA
TERMINAȚIE PLANARĂ

Dunca, T. ș.a.: Tranzistoare de putere epibază cu terminație planară.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 33

Lucrarea prezintă o metodă originală de realizare tehnologică a tranzistoarelor de putere în bază epitaxială. Planarizarea structurii are multiple avantaje comparativ cu variația constructivă mesa, fapt confirmat de rezultatele experimentale.

CZ 535.3:621.385.2

FOTODIODA
EFFECTUL TEMPERATURII
RĂSPUNS SPECTRAL

Budianu, E. ș.a.: Efectul temperaturii asupra răspunsului spectral al fotodiodelor realizate pe siliciu.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 35

În lucrare se prezintă evaluarea teoretică și experimentală a influenței temperaturii asupra răspunsului spectral al fotodiodelor rapide pe siliciu. Introducerea dependenței de temperatură a coeficientului de absorbție $\alpha(T)$ și a parametrilor fizici ai structurii explică modificarea în domeniul $\lambda < 0,7 \mu m$ a sensului de variație a răspunsului spectral determinat de $\alpha(T)$.

CZ 538.551:621.317.3

DEFECTE
GETTERARE
CIRCUITE INTEGRATE

Veron, A. ș.a.: Tratamente de getterare intrinsecă în tehnologia circuitelor integrate bipolare.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 37

Tratamente de precipitare controlată a oxigenului interstital au fost inserate în procesul tehnologic de realizare a circuitelor integrate bipolare. Distribuția defectelor cristalografice pe suprafața și în volumul plachetelor de siliciu a fost corelată cu tensiunile de străpungere ale tranzistoarelor și cu gradul de precipitare a oxigenului interstital. S-a constatat că defectele cristalografice din stratul epitaxial pot fi practic eliminate prin inducerea efectelor de getterare intrinsecă în fazele inițiale ale procesului. Metoda propusă poate îmbunătăți performanțele și randamentele de fabricație ale circuitelor integrate bipolare.

CZ 577.158:513.5

OXIDARE TERMICĂ
POLISILICIU
CONSTANTA CREȘTERII PARABOLICE
CONSTANTA CREȘTERII LINIARE

Bântoiu, R. ș.a.: Cinetica de creștere a oxizilor de polisiliciu.

E.E.A. — *Automatica și electronica 32*, nr. 1, martie 1988, p. 39

Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu asupra cineticii de creștere a oxizilor termici pe polisiliciu, în atmosfera umedă sau uscată, în gama de temperaturi $900^\circ C - 1200^\circ C$.



Aceste rezultate au fost interpretate folosind modelul Grove-Deal, obținându-se cu ajutorul unui program de calcul constantele de creștere liniară și parabolică.

CZ 538.551.2:539.2

**STRUCTURI TEST
CIRCUITE INTEGRATE**

Negru, S. ș.a.: Maska test pentru producția de circuite integrate.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 41

Se prezintă o nouă mască test pentru producție de circuite integrate a IPRS, utilizată atât în fluxul de CI liniare, cât și în cel de CI logice și care permite testarea unor structuri specifice: super B, Bi-FET, $1^{\circ}L$, Schottky. Lucrarea cuprinde descrierea structurilor test precum și structura pachetului de programe.

CZ 621.316.7:621.319.5

**MONTAJ PE SUPRAFAȚĂ
REGULATOR DE PUTERE HIBRID**

Albu, A. ș.a.: Regulator de putere hibrid, montat în tehnologie SM.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 42

Lucrarea prezintă modul de realizare a unui regulator de putere hibrid, cu componente montate pe suprafață. Sînt detaliate elementele specifice ale tehnologiei de montare pe suprafață și se analizează implicațiile privind rezistența termică a dispozitivului.

CZ 538.55:681.92

**CIRCUITE INTEGRATE BIPOLARE
MODELARE PE CALCULATOR
METODA NEWTON-RAPHSON MODIFICATĂ**

Lambrache, E.: Hipers-Program de analiză în curent continuu a circuitelor integrate bipolare.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 44

În lucrare este prezentat programul HIPERS, de analiză în curent continuu a CI bipolare, care reprezintă o continuare a eforturilor în domeniu ale secției 2400 din IPRS. Varianta actuală a acestui program, implementată pe un calculator HP 9835 A, converge pe orice tip de circuit.

CZ 538.51:621.3.014

**TRANZISTOR CU INDUCȚIE STATICĂ
CURENT DE DRENĂ LIMITĂ**

Rusu, A. ș.a.: Asupra curentului maxim în tranzistoarele cu inducție statică.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 46

În lucrare se propune un nou concept — curent de drenă limită — pentru aprecierea posibilităților de conducție a curentului în tranzistoarele cu inducție statică (SIT). Sînt identificate diferențele de esență între SIT și TEC-J (tranzistoare cu efect de câmp cu poartă joncțiune, verticale) privind rezistența canalului.

CZ 537.1:621.3.032

**CIRCULATOR
TEHNICA MICROSTRIP**

Cățoiu, M. ș.a.: O nouă familie de componente: circulatori microstrip pentru tehnica montajului pe suprafață.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 48

Articolul prezintă considerațiile teoretice și de proiectare pentru realizarea configurației de circulator microstrip destinat utilizării în tehnica montajului pe suprafață. Structura utilizată este de tip WYE. Rezultatele experimentale obținute pentru un circulator pe frecvența de 9000 MHz sînt: pierdere de inserție mai mică de 0,6 dB, izolare mai mare de 22 dB și raportul de undă staționară mai mic de 1,25 pe o bandă de frecvență cuprinsă între 8,5 GHz și 10 GHz.

CZ 621.37.029.6

**TOPOGRAFIE CU RAZE X
SILICIU
DEFECTE CRISTALOGRAFICE**

Stoica, A. ș.a.: Instalație automată de topografie cu raze X pentru caracterizarea materialelor semiconductoare.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 50

Lucrarea prezintă posibilitățile de lucru și performanțele instalației de topografie cu raze X, realizată de IFTM în colaborare cu IFIN, precum și câteva aplicații în tehnologia de fabricație a componentelor din CCSIT-CE. Se pun în evidență dislocații în siliciu monocristalin și defecte induse la difuzia borului în siliciu.

CZ 537.31.32

**MICROLITOGRAFIE
MIRE DE CONTROL
DEZALINIERI**

Drăgan, G. ș.a.: Determinarea abaterilor de superpoziție în microlitografie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 52

În lucrare este prezentat un studiu al abaterilor de superpoziție în microlitografia măștilor și litografia prin contact pentru fabricația tranzistoarelor UHF. Scopul lucrării constă în punerea la punct a unei metode de monitorizare pe baza unor mire speciale.

CZ 669.28:621.78

**METAL REFRACTAR (MOLIBDEN)
REZISTENȚĂ SERIE DE CONTACT
TRATAMENT TERMIC RAPID
PLASMA ARGON
INTERFAȚA METAL-SEMICONDUCTOR**

Bădilă, M. ș.a.: Tratamente termice pentru sistemele de metalizare cu molibden (Mo).

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 55

Pe structuri test de evaluare a rezistenței serie de contact molibden-siliciu tratate termic în atmosfera neutră de azot și/sau în vid se determină tratamentul optim pentru obținerea rezistenței serie de contact minime ($R_{SCSi-P} < 10^{-5}$ ohm/cm).

CZ 621.39.6:621.313.5:621.578

**AMPLIFICATOR OPERAȚIONAL
COMPENSARE ÎN FRECVENȚĂ
CUPLAJ ÎNAINTE**

Stănescu, C. ș.a.: O tehnică eficientă de compensare în frecvență a amplificatoarelor operaționale de bandă largă.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 57

Lucrarea prezintă o tehnică eficientă de compensare în frecvență a amplificatoarelor operaționale prin folosirea „cuplajului înainte”. S-a făcut o analiză teoretică a răspunsului în frecvență permițînd optimizarea tehnicii prezentate. Rezultatele experimentale atestă posibilitatea obținerii unor amplificatoare operaționale de viteză, bandă largă și zgomot mic, folosind un număr minim de condensatoare de compensare.

CZ 621.37.029.6

**TRADUCTOR CU MICROUNDE
MĂSURAREA DISTANTELOR**

Iordănescu, S. ș.a.: Traductor cu microunde pentru măsurarea distanțelor mici.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 59

Lucrarea prezintă un sistem de emisie-recepție, în banda X, destinat măsurării distanțelor mici (50–200 m), cu rezo-

луție mai bună de 0,4%. Traductorul funcționează pe principiul RADAR-ului în undă continuă cu modulație liniară de frecvență.

CZ 621.37:621.316.2

INSULA P P-WELL
SUBSTRAT BULK
FLOTANT FLOATING

Albu, R. ș.a.: Tranzistor NPN flotant în tehnologie CMOS. E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 61

Propunem o metodă simplă de realizare al unui tranzistor bipolar NPN cu colectorul flotant în tehnologia CMOS cu insulă p. Emitorul și baza tranzistorului se cuplează intrinsec cu bornele omonime ale tranzistorului npn vertical, al cărui colector este legat la potențialul substratului. S-a observat o accentuată dependență a raportului curenților de colector al acestor tranzistoare de geometria emitorului comun. Sînt prezentate caracteristicile statice de curent și repartiția lui β pe plachetă, măsurate pe o structură de test cu contur închis.

CZ 621.3.012:539.1

CIRCUIT INTEGRAT
STRUCTURĂ (CIP)
ARIE NECONECTATĂ
MASCA DE INTERCONEXIUNI

Răpeanu, R. ș.c.: Unicp 2000 — Arie analogică neconectată de 40 volți.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, martie 1988, p. 63

Lucrarea prezintă o structură de circuit integrat din familia ariilor neconectate, destinate satisfacerii comenzilor de mică și medie anvergură (mii... zeci de mii de bucăți), într-un timp relativ scurt (4...8 săptămîni) și cu efort minim de proiectare.

СОДЕРЖАНИЕ

ЕДИТОРИАЛ

Перечень работ, получивших премию на КАС/1987 г.

УДК 621.38: 539.13

БИОЭЛЕКТРОНИКА
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
БИОНИКА

ДРЭГЭНЕСКУ, М.: Актуальность и перспектива в биоэлектронике и молекулярной электронике.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 10

Под молекулярной электроникой/электронные лампы, транзисторы, микроэлектроника, фотоника, электроника основанная на сверхпроводимости/следует молеку-

лярная электроника, между ними связь обеспеченная функциональной концепцией электроники, через условные функции искусственного разума и работы. Биоэлектроника, определяемая как „прикладная бионика электроники” содержит области биодатчиков, биочипов, макромолекулярной или молекулярно-химической электроники, нейробионики (нейральные сети) и молекулярной электроники/в двух вариантах/кратко представленные в работе.

Представлены некоторые мнения в связи с расширением молекулярной электроники, типа Конрад, к электронике органического типа.

УДК 621.3.04.621.37.6

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ
ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЙ
ПОЛУОБРАБОТАННЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ
ПРИМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДОК ЗАТВОРОВ

ОЛТЕАНУ, Д.: Интегральные полуобработанные схемы-альтернатива в уменьшении технологического смещения в электронике.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 22

Работа представляет область интегральных, специфических схем для применений (АСИК), анализируя некоторые аспекты их создания и применения. Выявляются достижения и тенденции, на международном плане, в области и, начиная с конкретным примером, показываются особые преимущества, которых можно достигать в создании схем, применяя эту технику. Работа показывает, что „монтажом” схемы прямо в кремний логических функций все сложнее, специфических применения, на основе нового отношения создатель-потребитель, можно достигать значимых прогрессов в румынской электронной промышленности.

УДК 621.382.3: 621.37.029.6: 621.373.7

ТРАНЗИСТОР МОДФЕТ
КВАНТОВЫЙ МОДЕЛЬ
ДВУХМЕРНЫЙ ГАЗ

ВОЙНИГЕСКУ, С.: Изучение квантового распределения нагрузки в транзисторах с эффектом поля, с модуляцией легирования.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 27

Работа представляет квантовый, очищенный модель для расчета нагрузки в транзисторах с двухмерным газом, из электронов. Модель требует численного решения уравнений Шродингер и Пуассон, и позволяет, впервые, теоретическое подтверждение экспериментального распределения электронов в канале транзистора МОД-ФЕТ. Изучено влияние Эффектов, появляющихся из-за непараболичности ленты проводимости на чистоты квантовых моделей, существующих в литературе.

УДК 621.3.016.4: 621.375.4.

ТРАНЗИСТОРЫ С КРЕМНИМ
РАБОТА ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ
ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ

БЫЗУ, М. и др.: Механизмы поломки, термически и электрически ускоряющиеся, появляющиеся в работе полупроводниковых элементов.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 31

Представлены результаты, полученные в рамках рабочей программы с которой выявлялось действие трех фактора стресса, самых главных для быстрого устарения полупроводниковых компонентов: температура, электрическое поле, электрический ток. Отмечается зависимость энергии активации от условий электрической поля, энергии активации от условий электрической полярности, то что проводит к переоценке отношения Аргениуса.

УДК 620.193.7

**ЭПИТАКСИАЛЬНАЯ БАЗА
ТРАВЛЕНИЕ МЕСА
ПЛАНАРНЫЙ НАКОНЕЧНИК**

ДУНКА, Т. и др.: Транзисторы мощности эпитаксиальной базы с планарным окончанием.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 33

Работа представляет оригинальный метод технологического создания транзисторов мощности, эпитаксиальной базы. Планарность структуры имеет многие преимущества сравнительно со строительным изменением mesa, то что выявилось в результатах испытаний.

УДК 535.3: 621.385.2

**ФОТОДИОД
ЭФЕКТ ТЕМПЕРАТУРЫ
СПЕКТРАЛЬНЫЙ ОТВЕТ**

БУДИАНУ, Е. и др.: Эффект температуры на спектральный ответ фотодиод, созданных на кремниевом.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 35

В работе представляются теоретическая и экспериментальная оценка влияния температуры на спектральный ответ фотодиод, на кремнии. Внедрение зависимости температуры коэффициента всасывания (T) и физических параметров и структуры объясняет изменение в области 0,7 мкм направления спектрального ответа, определенный через (T).

УДК 538.551: 621.317.3

**ДЕФЕКТЫ
ГЕТТЕРИРОВАНИЕ
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ**

БЕРОН, А. и др.: Обработка собственного геттерирования в технологии биполярных, интегральных схем.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март. 1988 г., стр. 37

Обработки контролируемого осаждения, интерстициального кислорода присоединили к технологическому процессу создания биполярных, интегральных схем. Распределение кристаллографических дефектов на поверхности и в объеме кремниевых пластин, связали с пробивным напряжением транзисторов и с уровнем осаждения интерстициального кислорода. Было установлено, что кристаллографические дефекты из эпитаксиального слоя, практически можно удалить через внедрение эффекта собственного геттерирования в первоначальные фазы процесса. Предложенный метод может улучшить достижения и эффективность создания интегральных биполярных схем.

УДК 577.158: 513.5

**ТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ
ПОЛИКРЕМНИИ
ПОСТОЯННАЯ ПОРАБОЛИЧЕСКОГО ПОДЪЕМА
ПОСТОЯННАЯ ЛИНЕАРНОГО ПОДЪЕМА**

БЭНТОЮ, Р. и др.: Кинетика подъема поликремневых оксидов.

Е.Е.А. — *Automatica și Electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 39

Работа представляет результаты изучения кинетики подъема термических оксидов, на поликремне, в сухой или влажной атмосфере, в диапазоне температур 900° — 1200°С. 39

Эти результаты толковали при помощи модели ГРОВЕ-ДЕАЛ, получая, при помощи счетной программы постоянные линейного и параболического подъемов.

УДК 538.551.2: 539.2

**СТРУКТУРЫ-ТЕСТ
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ**

НЕГРУ, С. и др.: Маска-тест для производства интегральных схем.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 41

Представляется маска-тест для производства интегральных схем ИПРС, используемая как в потоке линейных ИС, так и в потоке логических ИС, которая позволяет тест специфических структур: супер Б, Би-ФЕТ, И²Л, СКХОТТУ. Работа содержит описание структуртест, а также и структуру партии программ.

УДК 621.316.7: 621.319.5

**МОНТАЖ НА ПОВЕРХНОСТИ
РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ-ГИБРИД**

АЛЕБУ, А. и др.: Регулятор мощности-гибрид, смонтированный в технологии СМ.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 42

Работа представляет способ создания регулятора мощности с компонентами смонтированными на поверхности.

Описываются специфические элементы технологии монтажа на поверхности и анализируются результаты, связанные с термическим сопротивлением прибора.

УДК 538.55: 681.92

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ БИПОЛЯРНЫЕ СХЕМЫ
МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ**

МЕТОД НЕВТОН-РАЙХСОН, переделанный

ЛАМБРАКЕ, Е.: Кипере-Программа анализа в постоянном токе биполярных ИС.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 44

В работе представлена программа КИПЕРС, анализа в постоянном токе, интегральных, биполярных схем, которая представляет собой продолжение усилий в области цеха 2400 из ИПРС. Современный вариант этой программы, размещенной на ЭВМ, типа ХП 9835 А, можно использовать на всяком типе схемы.

УДК 538.51: 621.3.014

**ТРАНЗИСТОРЫ СТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ
ТОК ПРЕДЕЛЬНОГО СТОКА**

РУСУ, А. и др.: В связи с максимальным током в транзисторах со статической индукцией.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 46

В работе предлагается новый взгляд-ток предельного стока для определения способностей проводимости тока в транзисторах со статической индукцией/СИТ/. Отождествляются различия сущности между СИТ и ТЕС-Л/ транзисторы эффекта поля с вентилем соединения, вертикальные/относительно соединению канала.

УДК 537.1: 621.3.032

**ЦИРКУЛЯТОР
ТЕХНИКА МИКРОСТРИП**

КЭЦОЮ, М. и др.: Новое поколение компонентов: циркуляторы-микрострип для техники монтажа на поверхности.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 48

Статья представляет теоретические мнения и мнения проектирования, чтобы создать конфигурацию калкулятора-МИКРОСТРИП, предназначенного для пользования в технике монтажа на поверхности.

Применяемая структура типа WUE. Опытные результаты, полученные для ЭВМ, частоты 9000 МГц, сле-

дующие: потери вкладки меньше 0,6 дБ, изоляция больше 22 дБ, и коэффициент постоянной волны меньше 1,25, в диапазоне частоты между 8,5 Гц. и 10 Гц.

УДК 621.37.029.6

ТОПОГРАФИЯ С ЛУЧАМИ X

КРЕМНИЙ

КРИСТАЛОГРАФИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТЫ

СТОЙКА, А. и др.: Автоматическая установка топографии с лучами X для характеристики полупроводниковых материалов.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 50

Работа представляет возможности работы и достижения установки топографии с лучами X — созданной ИФТМ в кооперировании с ИФИН, а также и несколько применений в Технологии создания изделий в ЧЧСИТ-ЧЕ. Выявляются сбросы в монокристаллическом кремнии и появляющиеся дефекты в диффузии Бора в кремнии.

УДК 537.31.32

МИКРОЛИТОГРАФИЯ

КОНТРОЛЬНЫЕ МИРЫ

РАССОГЛАСОВАНИЯ

ДРЕГАН, Г. и др.: Определение отклонений сверхположений и микролитографии.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 52

В работе представлены исследования отклонений сверхположения в микролитографии масок и литографии через контакт, для создания транзисторов УХФ. Цель работы — согласование метода мониторинга на основе специальных мир.

УДК 669.28: 621.78

ЖОРОПРОЧНЫЙ МШТАЛЛ/молибден/

СОПРОТИВЛЕНИЕ СЕРИИ КОНТАКТА

БЫСТРЫЙ, ТЕРМИЧЕСКИЙ ТРАТАМЕНТ

ПЛАСМА АРГОН

ИНТЕРФЕЙС-МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИК

БЭДИЛЭ, М. и др.: Термические траатменты для системы металлизации с молиб.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 55

На структурах-тест оценки/определения/ сопротивления серии монтажа Мо-Кр., термически обработаны в атмосфере без азота и/или в вакууме определяется оптимальный траатмент для получения минимального сопротивления серии-контакт мин./RSCSi— 10^{-5} Ohm cm.

УДК 621.39.6: 621.313.5: 621.578

ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

КОМПЕНСАЦИЯ В ЧАСТОТЕ, СВЯЗЬ ВПЕРЕД

СТЭНЕСКУ, С. и др.: Полезная техника компенсации в частоте операционных усилителей ха широком диапазоне.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 57

Работа представляет полезную технику компенсации в частоте операционных усилителей, ползованием „связи вперед”. Был сделан теоретический анализ овета в частоте, позволяя оптимизацию представленной техники. Полученные результаты показывают возможности, получения операционных усилителей скорости, широкий диапазон и маленький шум, используя маленькое количество конденсаторов компенсации.

УДК 621.37.029.6

ДАТЧИК С МИКРОВОЛНАМИ

ИЗМЕРЕНИЕ РАСТОЯНИЙ

ИОРДЭНЕСКУ, С. и др.: Датчик с микроволнами для измерения маленьких расстояний.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 6 март 1988 г., стр. 59

Работа представляет систему эмисии-приема, в ленте X, предназначенной для измерения маленьких расстояний (50—200м), с разрешающей способностью лучше 0,4%. Датчик работает принципом РАДАР-а, в постоянной волне, с линейной модуляцией частоты.

УДК 621.37: 621.316.2

ОСТРОВ Р Р ВЕЛЛ

ПОДСЛОЙ БУЛК

ПЛАВАЮЩИЙ ФЛОАТИНГ

АЛББУ, Р. и др.: Транзистор НПП плавающий, в технологии КМОС.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 61

Предлагаем простой метод создания биполярного транзистора НПП с плавающим, коллектором, в технологии КМОС с островом р. Эмитер и основ транзистора прямо связываются с омонимическими наконечниками вертикального транзистора НПП, коллектор которого связан с потенциалом подслоя. Было замечено зависимость отношения потоков коллектора этих транзисторов от геометрии общего эмитера. Представлены статические характеристики тока и распределение β на пластине, измеряемые на структуре-тест с закрытыми контуром.

УДК 621.3.012: 539.1

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

СТРУКТУРА

НЕСВЯЗАННАЯ СВЯЗЬ

МАСКА ИНТЕРФЕЙСА

РЫПЕАНУ, Р. и др.: МОНОЧИП 2000-Аналоговая площадь, несвязанная 40 В.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 1, март 1988 г., стр. 63

Работа представляет структуру ИС из семьи несвязанных площадей, предназначенных маленьким и средним знакам, (тысячи 6...десять тысяч штук) в сравнительное краткое время (4—8 недель) неминимальным усилием проектирования.

INHALT

DZ 621.38:539.13

BIOELEKTRONIK

MOLEKÜLELEKTRONIK

BIONIK

Drăgănescu, M.: Aktualität und Perspektive in Bioelektronik und Molekülelektronik.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 10

Die vormolekulare Elektronik (elektronische Röhre, Transistoren, Mikroelektronik, Fotonik, Elektronik auf Grund der Überleitfähigkeit) wird von einer molekularen Elektronik gefolgt, wobei zwischen ihnen eine gesicherte, von funktioneller Vision der Elektronik, Verbindung gibt, usw. durch konventionelle Funktionen und Funktionen der un-natürlichen und robotischen Intelligenz Bioelektronik, die eigentlich als „Bionik der angewandten Elektronik” definiert wird fasst die Gebiete der Biosensoren, Biocips, Makromolekulare Elektronik oder molekular-chemische Elektronik, Neurobionik (neurale Netzwerke) und molekulare Elektronik (in zwei Varianten) zusammen. Es werden einige Erläuterungen bezüglich der Entwicklung der molekularen Elektronik Typ Conrad an einer Elektronik des Typs organis-misch, dargelegt.

DZ 621.3.04:621.37.6

INTEGRIERTE SCHALTKREISE SPEZIFISCH DER ANWENDUNGEN

HALBPROZESSIERTE SCHALTKREISE

ANWENDUNG DER TOREBINEN

Olteanu, D.: Halbprozessierte Schaltkreise, eine Alternative der Verminderung des technologischen Aufstieges in der Elektronik.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, März 1988, S. 22

Die Arbeit stellt das Gebiet der Schaltkreise dar spezifisch für die Anwendungen, wobei einige Aspekte deren Herstellung und Anwendung erläutert werden.

Es werden die Entwicklungen und Tendenzen auf Weltplan hervorgehoben, wobei man von einem konkreten Beispiel ausgeht, und zwar zeigt man die Vorteile die man bei der Entwicklung dieser Systeme mit Hilfe der angewandten Technik erzielt.

Die Arbeit zeigt, dass man durch Verkabelung direkt im Silizium einiger logischer Funktionen, spezifisch der Anwendung, auf Grund eines neuen Verhältnisses Hersteller — Benutzer, bestimmte Erfolge in der rumänischen elektronischen Industrie erhält.

DK 621.382.3:621.37.029.6:621.373.7

TRANSISTOR MODFET
QUANTISCHES MODELL
BIDIMENSIONELLES GAS

Voinigescu, S.: Studie der quantischen Lastverteilung in den Transistoren mit Feldeffekt mit Stopfmodulation.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 27

Die Arbeit stellt ein quantisches Modell für die Berechnung der Lastverteilung in den Transistoren mit bidimensionalen Gas mit Elektronen, dar. Das Modell enthält das numerische Resultat der Schrödinger Gleichungen und Poisson Gleichungen und erlaubt die theoretische Bestimmung der experimentellen Elektronenverteilung im Kanal eines Transistors MODFET. Man versucht den Einfluss der Effekte der nichtparabolischen Bandes auf die existierenden quantischen Modelle in der Literatur, zu erklären.

DZ 621.3.016.4:621.375.4

SILIZIUMTRANSISTOREN
BETRIEB MIT HOHER TEMPERATUR
WIRKUNGSENERGIE

Bizu, M. u.a.: Defektionsmechanismen thermisch und elektrisch beschleunigt, die beim Betrieb der Halbleiterbauteile erscheinen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 31

Es werden die erhaltenen Ergebnisse im Rahmen eines, Arbeitsprogramms mit dem die Wirkung von drei Stressfaktoren hervorgehoben wurden, dargestellt; diese Faktoren sind die bedeutendsten für die beschleunigte Alterung der Halbleiterbauteile: Temperatur, elektrisches Feld und elektrischer Strom. Man stellt die Abhängigkeit der Wirkungsenergie unter den elektrischen Polarisationsbedingungen, die die Bewertung des Verhältnisses Arrhenius zusammenfassen, dar.

DZ 620.193.7

EPITAXIALE GRUNDLAGE
ÄTZUNG MESA
PLANNARE ENDUNG

Dunca, T. u.a.: Leistungstransistoren mit planare Endung.
E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 33

Die Arbeit stellt eine originelle, technologische Entwicklungsmethode der Leistungstransistoren in epitaxiale Grundlage.

Die ausgerichtete Struktur hat viele Vorteile im Vergleich zur konstruktiven MESA Variation. Dieses wird von den experimentellen Ergebnisse bestimmt.

DK 535.3:621.385.2

FOTODIODE
TEMPERATUREFFEKT
SPEKTRALE ANTWORT

Budianu, E. u.a.: Temperaturwirkung auf die spektrale Antwort der Fotodioden mit Silizium hergestellt.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 35

Die Arbeit stellt die theoretische und experimentelle Bewertung des Temperatureinflusses auf die spektrale Antwort der schnellen Fotodioden auf Silizium. Die Einführung der Temperaturabhängigkeit des Absorptionskoeffizienten $\alpha(T)$

und der physischen Parameter der Struktur, erklären die Änderung im α -Gebiet, $0,7 \mu\text{m}$ des Variationssinnes der spektralen Antwort von $\alpha(T)$ bestimmt.

DK 538.551:621.317.3

DEFEKTE
GETTER
SCHALTKREISE

Veron, A. u.a.: Getterbehandlung in der Technologie der bipolaren Schaltkreise.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 37

Die kontrollierten Beschleunigungsbehandlungen des interstitiellen Sauerstoffs wurden im technologischen Entwicklungsprozess der bipolaren Schaltkreise eingeführt. Die Verteilung der kristallografischen Defekte auf der Oberfläche und im Volumen der Siliziumplakette hing von den Durchgangsspannungen der Transistoren und vom Beschleunigungsgrad des interstitiellen Sauerstoffs, ab. Man stellte fest, dass die kristallografischen Defekte in der epitaxialen Schicht, können durch die Getterwirkungen in den eigentlichen Prozessphasen, ausgeschlossen werden. Die vorgestellte Methode kann die Performanzen der Herstellung bipolaren Schaltkreise verbessern.

DK 577.158:531.5

THERMISCHE OXYDATION
POLYSILIZIUM

KONSTANTE DER PARABOLISCHEN ENTWICKLUNG
KONSTANTE DER LINEAREN ENTWICKLUNG

Băntoiu, R. u.a.: Die Entwicklungskinetik der Polysilizium Oxyde.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 39

Die Arbeit stellt die Ergebnisse einer Studie dar, bezüglich der Entwicklungskinetik der thermischen Oxyde auf Polysilizium, in feuchter Luft oder trockene Atmosphäre, in der Temperaturskala zwischen 900°C — 1200°C . Diese Ergebnisse wurden mit Hilfe der Grove-Deal Modell erklärt, wobei man mit Hilfe eines Rechenprogramms die lineare und parabolische Entwicklungskonstanten erhielt.

DZ 538.551.2:539.2

TEST STRUKTUREN
SCHALTKREISE

Negru, S. u.a.: Testmaske für Schaltkreisproduktion.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 41

Es wird eine neue Testmaske für die Schaltkreisproduktion der IPHS dargestellt, die man sowohl im linearen Schaltkreislauf als auch im logischen Schaltkreis anwendet und die den Versuch einiger spezifischen Strukturen erlaubt: diese sind Super B, BI-FET, I^2L , Schottky. Die Arbeit umfasst die Beschreibung der Teststrukturen als auch die Struktur der Programmpakette.

DZ 621.316.7:621.319.5

OBERFLÄCHENSCHALTUNG
HYBRIDER LEISTUNGSREGLER

Albu, A. u.a.: Hybrider Leistungsregler in der SM Technologie geschaltet.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 42

Die Arbeit stellt die neue Herstellungsart eines hybriden Leistungsregler mit auf der Oberfläche gehaltete Bauteile, dar. Es wurden die spezifischen Elemente der Schaltungstechnologie auf der Oberfläche beschrieben und man analysiert die Implikationen bezüglich der thermischen Widerstandes des Gerätes.

DZ 538.55:681.92

BIPOLARE SCHALTKREISE
MODELLIERUNG MIT DEM RECHNER
VERÄNDERTE NEWTON-RAPHSON-METHODE

Lambrache, E.: Hipers — Analyseprogramm im Gleichstrom der bipolaren Schaltkreise.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 44

In der Arbeit beschreibt man das HIPERS-Programm für Analyse im Gleichstrom der bipolaren Schaltkreise, die eine Folge der Anstrengungen im Gebiet der Abteilung 2400 aus IPRS, ist. Die heutige Variante dieses Programms, in einem Rechner HP 9835 A implementiert, kann auf jeder Kreisart konvergieren.

DK 538.51:621.3.014

**TRANSISTOR MIT STATISCHER INDUKTION
BEGRENZTER ENTWÄSSERUNGSSTROM**

Rusu, A. u.a.: Bezüglich des maximalen Stromes in Transistoren mit statischer Induktion.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 46

Die Arbeit schlägt ein neues Konzept — begrenzter Entwässerungsstrom vor, für die Leitungsmöglichkeiten des Stromes in den Transistoren mit statischer Induktion (SIT). Man identifiziert die Grunddifferenzen zwischen SIT und TEC-J (Transistoren mit Feldekkeft mit Torflächenübergang, senkrechte) bezüglich des Kanalwiderstandes.

DK 537.1:621.3.032

ZIRKULATOR

MICROSTRIP-TECHNIK

Căfoiu, M. u.a.: Eine neue Bauteilfamilie: microstripes Zirkulatoren für die Schaltungstechnik auf der Oberfläche.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 48

Die Arbeit beschreibt die theoretischen- und Entwurfsbetrachtungen für die Entwicklung der microstrip Zirkulatoren für die Anwendung in der Schaltungstechnik der Oberfläche. Die verwendete Struktur ist vom Typ WYE. Die experimentelle Ergebnisse für einen Zirkulator mit 9000 MHz — Frequenzen sind. Insertionsverlust kleiner als 0,6 dB, größere Isolation als 22 dB und stationäres Wellenverhältnis kleiner als 1,25 auf einer Frequenzband zwischen 8,5 GHz und 10 GHz.

DK 621.37.029.6

**TOPOGRAFIE MIT X-STRAHLEN
SILIZIUM**

KRISTALLOGRAPHISCHE DEFEKTE

Stoica, A. u.a.: Automatische topografische Anlage mit X-Strahlen für die Charakterisierung der Halbleitermaterialien.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 50

Der Beitrag beschreibt die Arbeitsmöglichkeiten und Performanzen der topographischen Anlage mit X-Strahlen von IFTM in Zusammenarbeit mit IFIN hergestellte, als auch einige Anwendungen in der Herstellungstechnologie der Bauteile aus der CCSIT-CE.

Es werden Verschiebungen im monokristallinen Silizium und die Defekte des Bor in Silizium, hervorgehoben.

DK 537.31.32

MIKROLITOGRAPHIE

KONTROLLTESTBILDER

UNLINEARITÄTEN

Drăgan, G. u.a.: Bestimmung der Überpositionsableitungen in der Mikrolitographie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 52

In der Arbeit beschreibt man das Studium der Ableitungen der Superlage in den Masken der Mikrolitographie und die Litographie durch den Kontakt für die Herstellung der UHF-Transistoren. Das Ziel der Arbeit besteht in der Entwicklung einer Monitormethode auf Grund eines speziellen Testbildes.

DK 669.28:621.78

HOCHBESTÄNDIGES METALL (MOLIBDEN)

WIDERSTAND KONTAKTSERIE

SCHNELLE THERMISCHE BEHANDLUNG

PLASMA ARGON

METALL-HALBLEITER-SCHNITTSTELLE

Bădilă, M. u.a.: Thermische Behandlungen für Metallisierungssysteme mit Molybden (Mo).

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 55

Auf den Bewertungs-Teststrukturen des Widerstandes in Kontaktserie Molybden-Silizium, thermisch behandelt in neutraler Atmosphäre von Stickstoff und/oder in leeren Luft-raum bestimmt man die optimale Behandlung für die Erhaltung des Widerstandes mit kleiner Kontaktserie ($R_{Si-p} 10^{-5}$ Ohm cm).

DK 621.39.6:621.313.5:621.578

OPERATIONSALVERSTÄRKER

KOMPENSIERUNG IN DER FREQUENZ

VORWÄRTSKUPPLUNG

Stănescu, L. u.a.: Eine effektive Kompensationstechnik in der Frequenz der operationalen Verstärker breitbandig.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 57

Die Arbeit stellt eine effektive Kompensationstechnik in der Frequenz der operationalen Verstärker durch die Anwendung der „Vorwärtskupplung“, dar. Man machte eine theoretische Analyse der Antwort in der Frequenz, wobei man die Optimierung der vorgestellten Technik erlaubte. Die experimentellen Ergebnisse stellen die Erhaltungsmöglichkeit einiger operationalen Geschwindigkeitsverstärker, mit breitem Band und kleinem Geräusch dar, wobei eine kleine Anzahl von Kompensationskondensatoren verwendet werden.

DK 621.37.029.6

MIKROWELLEN GEBER

ENTFERNUNGSMESSUNGEN

Iordănescu, S. u.a.: Geber mit Mikrowellen für die Messung kleiner Entfernungen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 59

Die Arbeit stellt ein Übertragungs- Empfangssystem, in X-Band für die Messung kleiner Entfernungen (50–200 m) mit einem besseren Ergebnis als 0,4 % dar. Der Geber wird auf dem Prinzip RADAR in kontinuierlicher Welle mit linearer Frequenzmodulation betrieben.

DK 621.3:621.316.2

INSEL-P P-WELL

SUBSTRAT-BULK

FLOTANT FLOATING

Albu, R. u.a.: Transistor NPN schwelbind in der CMOS-Technologie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 61

Wir bieten eine einfache Entwicklungsmethode eines bipolaren Transistors NPN mit schwelbinden Kollektor in der CMOS-Technologie mit Insel-P, an. Der Emmitter und die Transistorgrundlage werden mit omonime Klemmen des senkrechten NPN Transistors verbunden, dessen Kollektor am Substratpotential Gebunden wird. Man beobachtete eine richtige Anhängigkeit des Verhältnisses zwischen den Kollektorströmungen dieser Transistoren mit der Geometrie gemeinsamer Emmitter. Es werden die statischen Stromcharakteristiken und die B-Verteilung auf der Plakette, auf einer Teststruktur gemessene mit geschlossener Linie, dargestellt.

DK 621.3.012:539.1

SCHALTSTRECKE

STRUCTUR (CIP)

NICHTGRSCHALTENE EBENE

INTERKONEXIONS MASKE

Răpeanu, R. u.a.: Unicip 2000- Nichtgeschaltene analogische Ebene von 40 Volt.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 1, März 1988, S. 63

Die Arbeit stellt eine Schaltkreisstruktur aus der Familie der nichtgeschalteten Ebenen, dar, die der kleineren und mittleren Steuerungen (tausende... zehntausende Stücke) in einer relativ kurzer Zeit (4...8 Wochen) und mit einer kleinen Entwurfskraft bestimmt sind.

CONTENTS

EDITORIAL

CAS/1987

Prize papers list at CAS/1987

DC 621.38:539.13

BIOELECTRONICS

MOLECULAR ELECTRONICS

BIONICS

Drăgănescu, M.: The present states and prospects in bioelectronics and molecular electronics.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 10

Premolecular electronics (electron tubes, transistors, microelectronics, photonics, superconductivity electronics) will be followed by a molecular electronics, the link between them being a functional vision of electronics, by conventional functions and functions of artificial intelligence and robotic functions. Bioelectronics defined as "bionics applied to electronics" contains domains like biosensors, biochips, macromolecular or chemical-molecular electronics, neurobionics (neural networks) and molecular electronics (in two alternatives), all of them examined shortly in the paper. Some ideas concerning a possible extension of the molecular electronics of the type described by Michael Conrad are exposed.

DC 621.3.04:621.37.6

SPECIFIC INTEGRATED CIRCUITS FOR APPLICATIONS SEMIPROCESSED INTEGRATED CIRCUITS GATE AREA USAGE

Olteanu, D.: Semiprocessed integrated circuits, an alternative for decreasing the technological gap in electronics.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 22

This paper presents the specific integrated circuits field for applications (ASIC), analysing some aspects of their use and fabrication. The world trends and achievements are pointed out in this field and, using a concrete example, the special advantages are shown that can be obtained in the systems' achievement using this technique. This paper points out that by a direct "boarding" in the silicon of some more complicated logic functions, specific to the applications, using a new relationships manufacturer — user special progresses can be acquired in the Romanian electronic industry.

DC 621.382.3:621.37.029.6:621.373.7

MODFET TRANSISTOR

QUANTUM MODEL

BIDIMENSIONAL GAS

Voinigescu, S.: The investigation of the charge quantum distribution in the doping-modulation field-effect transistors.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 27

A refined quantum model is developed for the evaluation of the quantum charge distribution in Modulation-Doped-Field-Effect Transistors. This approach is based on the numeric solving of the coupled Schrödinger and Poisson equations, and allowed for the first theoretical prediction of the multiple-kink-type experimental electron distribution in a MODFET channel. The influence of nonparabolicity effects on the accuracy of previous quantum models is investigated for a wide range of quantum structures.

DC 621.3.016.14:621

SILICON TRANSISTORS

HIGH TEMPERATURE OPERATION

ACTIVATION ENERGY

Bitru, M. a.o.: Electrical and thermal accelerated failure mechanisms present at the semiconductor component functioning.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 31

The results obtained within a working programme with which the action of three important stress factors has been rendered evident for the accelerated aging of the semiconductor components: temperature, electric field and electric

current. It has been noticed the activation energy dependence on the electric biasing conditions that implies the Arrhenius relationship revaluation.

DC 620.193.7

EPITAXIAL BASE

MESA CORROSION

PLANAR TERMINAL

Dunca, T. a.o.: Planar terminal epibase power transistor.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 33

This paper presents an original method of a technologic achievement of the epibase power transistors.

The planar structure has lot of advantages in comparison with the mesa constructive variation, a fact confirmed by the experimental results.

DC 535.3:621.385.2

PHOTODIODE

TEMPERATURE EFFECT

SPECTRAL RESPONSE

Budianu, E. a.o.: The temperature effect on the spectral response of the silicon photodiode.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 35

This paper presents the theoretical and experimental evaluation of the temperature influence on the spectral response of the silicon fast photodiodes. The introduction of the temperature dependence of the absorption coefficient (T) and of the physical parameters and structure explains the modification within the range 0.7 μm of the variation direction of the spectral response defined by (T).

DC 538.551:621.317.3

FAILURES

GETTERING

INTEGRATED CIRCUITS

Verona, A. a.o.: Intrinsic gettering treatments in the bipolar integrated circuits.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 37

Controlled precipitation treatments of the interstitial oxygen have been inserted in the technologic process for achievement of the bipolar integrated circuits. Crystallographic failure distribution on the surface and into the bulk of the silicon wafers was related to the transistor breakdown voltages and to the interstitial oxygen precipitation degree. It has been noted that the epitaxial layer crystallographic failures can be eliminated in practice by the inducement of the intrinsic gettering effects into the process initial phases. The proposed method can improve the performances and the fabrication yields of the bipolar integrated circuits.

DC 577.158:513.5

THERMAL OXIDATION

POLYSILICON

PARABOLIC GROWTH CONSTANT

LINEAR GROWTH CONSTANT

Băntoiu, R. a.o.: Polysilicon oxide growth: Kinetics.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 39

This paper presents the results of an investigation on the polysilicon thermal oxide growth kinetics in wet or dry atmospheres, over the range of 900°C — 1200°C.

These results have been interpreted using the Grove — Deal model using a compute programme and obtaining the linear and parabolic growth constant.

DC 538.551.2:539.2

TEST STRUCTURES

INTEGRATED CIRCUITS

Negru, S. a.o.: The test mask for the IC production.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 41

It is presented a new test mask for the IPRS IC production, used into both the linear IC flow and the logic IC flow,

allowing the testing of some special structures: B super, BI-FET, I^2L , Schottky. This paper contains the description of the test structures and the programme package structure too.

DC 621.316.7:621.319.5

**SURFACE MOUNT
HYBRID POWER STABILIZER**

Albu, A. a.o.: SM hybrid power stabilizer.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 42

This paper presents the mode of achievement a hybrid power stabilizer with surface mount components. The specific elements of the surface mount technology are described in detail, and the implications concerning the device thermal resistance are analysed.

DC 538.55:681.92

**BIPOLAR INTEGRATED CIRCUIT
COMPUTER MODELLING
MODIFIED NEWTON-RAPHSON METHOD**

Lambrache, E.: Hipers DC analysis programme of the bipolar integrated circuits.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 44

The HIPERS programme is presented in this paper for analysing the DC bipolar IC which represents further a permanent effort in this field of the 2400 Department of IPRS. The actual programme variant implemented on a HP 9835 A computer converges on any type of circuit.

DC 538.51:621.3.014

**STATIC INDUCTION TRANSISTOR
LIMITING DRAIN CURRENT**

Rusu, A. a.o.: The maximum current in the static induction transistors.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 46

In this paper a new concept is proposed — limiting drain current — for evaluating the current conduction possibilities in the static induction transistors (SIT). The essence differences are identified between SIT and TEC-J (vertical junction-gate field-effect transistors) concerning the channel resistance.

DC 537.1:621.3.032

**CIRCULATOR
MICROSTRIP TECHNOLOGY**

Cătoi, M. a.o.: A new family of components: microstrips circulators for the surface mount technology.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 48

This paper presents the theoretical and design consideration for the configuration of the microstrip circulator designed to be used in the surface mount technology. The used structure is of WYE type. The experimental results obtained for a 9000 MHz circulator are: insertion loss lower than 0,6 dB, isolation higher than 22 dB and the stationary wave ratio lower than 1,25 within a frequency range of 8,5 GHz — 10 GHz

DC 621.37.029.6

**X RAY TOPOGRAPHY
SILICON**

CRYSTALLOGRAPHIC FAILURES

Stoica, A. a.o.: X Ray automatic topography equipment for the semiconductor material characterization.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 50

This paper presents the working capabilities and the performances of the X ray topography equipment, realized by IFTM in collaboration with IFIN, and some applications in the fabrication technology of the components in CCSIT-CE. There are pointed out dislocations in the monocrystalline silicon and failures induced at the boron diffusion into the silicon.

DC 537.31.32

**MICROLITHOGRAPHY
TEST CONTROL IMAGE
DISALIGNMENT**

Drăgan, G. a.o.: Determination of the superposition disalignments in microlithography.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 52

In this paper an investigation of the disalignments of superpositions in the mask microlithography and the contact lithography for the UHF transistor fabrication is presented. The object of this paper is the perfecting of a method of monitoring using some special test control image.

DC 669.28:621.78

**REFRACTORY METAL (MOLYBDENUM)
CONTACT SERIES RESISTANCE
FAST THERMAL TREATMENT
ARGON PLASMA**

METAL — SEMICONDUCTOR INTERFACE

Bădilă, M. a.o.: Thermal treatments for the molybdenum plating systems.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 55

On evaluation test structures for the molybdenum-silicon contact series resistance thermally treated in the nitrogen neutral atmosphere and for vacuum the optimal treatment is defined for obtaining the minimum contact series resistance ($R_{SCSi-P} 10^{-5}$ ohm/cm).

DC 621.39.6:621.313.5621.578

**OPERATIONAL AMPLIFIER
FREQUENCY COMPENSATION
FORWARD COUPLING**

Stănescu, C. a.o.: An efficient technology for frequency compensation of the wide band operational amplifiers.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 57

This paper presents an efficient compensation technology in frequency for the operational amplifiers using the "forward coupling". A theoretical analysis of the frequency response was effectuated allowing the optimization of the actual technology. The experimental results certify the wide band and a low noise, using a minimum number of compensation capacitors.

DC 621.37.029.6

**MICROWAVE TRANSDUCER
DISTANCE MEASUREMENT**

Iordănescu, S. a.o.: Microwave transducer for the low distance measurement.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 59

This paper presents an emission-reception system, in the X band, designed to be used for low distance measuring (50 — 200 m), with a resolution better than 0,4 %. This transducer operates as to be the principle of continuous wave RADAR with frequency linear modulation.

DC 621.37:621.316.2

**P-WELL P AREA
BULK SUBSTRATE
FLOATING COLLECTOR**

Albu, R. a.o.: C MOS floating NPN transistor.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 61

We propose a simple technology for obtaining a NPN bipolar floating collector C MOS p-area transistor. The transistor emitter and base is intrinsically coupled with the homonymous pins of the vertical npn transistor whose collector is connected to the substrate potential. It has been noted a strong dependence of the collector current ratio of these transistors on the common emitter geometry. The current static characteristics and the wafer B distribution, measured on a closed edge test structure, are presented.

DC 621.3.012.539.1

INTEGRATED CIRCUIT
CHIP

UNCONNECTED AREA

INTERCONNECTION MASK

Răpeanu, R. a.o.: Unichip 2000 — 40V unconnected analogic area.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 1, March 1988, p. 63

This paper presents an IC structure (chip) of the unconnected area family designed to meet the low-and medium-spreading orders (thousand...scores of thousand items), in a relatively short time (4...8 weeks) and with a minimum design effort.

SOMMAIRE

EDITORIAL

Liste des ouvrages primés à CAS/1987

CD 621.38:539.3

BIOÉLECTRONIQUE

ÉLECTRONIQUE MOLECULAIRE

BIONIQUE

Drăgănescu, M.: Actualité et perspective en bioélectronique et électronique moléculaire.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 10

L'électronique pré-moléculaire (tubes électroniques, transistors, microélectronique, photonique, électronique basée sur la supraconductibilité) sera suivie d'une électronique moléculaire, entre celles-ci étant une liaison assurée d'une vision fonctionnelle de l'électronique, par des fonctions conventionnelles et des fonctions de l'intelligence artificielle et robotique. La bioélectronique définie comme „bionique appliquée de l'électronique” macromoléculaire ou moléculaire-chimique de la neurobionique (réseaux neuraux) et de l'électronique moléculaire (en deux variantes) examinées succinctement en ouvrage. On expose quelques considérations concernant l'extension de l'électronique moléculaire de type Conrad à une électronique de type organismique.

CD 621.3.04:621.37.6

CIRCUITS INTEGRÉS SPÉCIFIQUES POUR APPLICATION

CIRCUITS INTEGRÉS À DEMI-TRAITÉS

UTILISATION DES AIRES DES PORTES

Olteanu, D.: Circuits intégrés à demi-traités une alternative pour la diminution du décalage technologique de l'électronique.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 22
L'ouvrage présente le domaine des circuits intégrés spécifiques pour des application (ASIC) analysant quelques aspects de leur fabrication et utilisation. On met en évidence les réalisations et les tendances sur le plan mondial dans le domaine et partant d'un exemple concret on montre les différents avantages qu'on peut obtenir à la réalisation des systèmes utilisant cette technique.

L'ouvrage montre que par „câblage” directe en silicium des fonctions logiques plus complexes, spécifiques à l'application, ayant à la base une nouvelle relation producteur-bénéficiaire on peut obtenir des progrès significatifs dans l'industrie électronique roumaine.

CD 621.370.269:621.373.7

TRANZISTOR MODFET

MODÈLE QUANTIQUE

GAZ BIDIMENSIONNEL

Voinigescu, S.: Etude de la distribution quantique de charge aux tranzistors avec effet de champ à modulation de dopage.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 27

L'ouvrage présente un modèle quantique raffiné pour le calcul de la distribution de charge dans les tranzistors à gaz bidimensionnel des électrons. Le modèle implique la résolution numérique des équations Schrödinger et Poisson et a permis pour la première fois l'attestation théorique de la

distribution expérimentelle des électrons dans le canal d'un tranzistor MODFET. On met en évidence l'influence des effets introduits par la non-parabolicité de la bande de conduction sur l'exactitude des modèles quantiques qui existent en littérature.

CD 621.3.016.4:621.375.4

TRANSISTOR À SILICIUM

FONCTIONNEMENT À HAUTE TEMPÉRATURE

ENERGIE D'ACTIVATION

Bizu, M. e.a.: Mécanismes de dérèglement accélérés thermique et électrique parus au fonctionnement des composants semiconducteurs.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 31

Les résultats obtenus sont présentés dans le cadre d'un programme de travail avec lequel on a mis en évidence trois facteurs de stress, les plus importants pour le vieillissement accéléré des composants semiconducteurs: température, champ électrique et courant électrique. On constate la dépendance de l'énergie, ce qui implique la réévaluation de la relation Arrhenius.

CD 620.193.7

BASE EPITAXIELLE

CORODATION MESA

TERMINAISON PLANAIRE

Dunca, T. e.a.: Transistor de puissance épi-base à terminaison planaire.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 33

L'ouvrage présente une méthode originelle de réalisation technologique des transistors de puissance en base épitaxiale. L'aplatissement de la structure a beaucoup d'avantages par rapport à la variation constructive mesa, fait confirme par les résultats expérimentaux.

CD 535.3:621.385.2

PHOTODIODE

EFFET DE LA TEMPÉRATURE

RÉPONSE SPECTRALE

Budianu, E. e.a.: L'effet de la température sur la réponse spectrale des photodiodes réalisées sur le silicium.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 35

Dans l'ouvrage on présente l'évaluation théorique et expérimentale sur la réponse spectrale des photodiodes rapides sur la silicium.

L'introduction de la dépendance de température du coefficient d'absorption (T) et des paramètres physiques de la structure expliquent la modification dans le domaine 0,7 μm du sens de variation de la réponse spectrale déterminée par (T).

CD 538.551:621.317.3

DÉFAUTS

PROCESSUS GETTER

CIRCUITS INTEGRÉS

Veron, A. e.a.: Traitements de getter intrinsèque en technologie des circuits intégrés bipolaires.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 37

Des traitements de précipitation contrôlée de l'oxygène interstitiel ont été insérés dans le processus technologique de réalisation des circuits intégrés bipolaires. La distribution des défauts cristallographique sur la surface et en volume des plaquettes de silicium a été corrélée avec les tensions de perçement des transistors et avec le degré de précipitation d'oxygène interstitiel. On a constaté que les défauts cristallographique du couche épitaxiale peuvent être pratiquement éliminés par l'induction des effets de getter intrinsèque dans les phases initiales du processus. La méthode proposée peut enrichir les performances et les rendements de fabrication des circuits intégrés bipolaires.

CD 577.158.513.5

OXIDATION THÉRIQUE

POLYSILICIUM

CONSTANCE DE L'ACCROISSEMENT PARABOLIQUE
CONSTANCE DE L'ACCROISSEMENT LINÉAIRE

Băntoiu, R. e.a.: Cinétique de l'accroissement des oxydes de polysilicium.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 39

L'ouvrage présente les résultats d'une étude concernant la cinétique d'accroissement des oxydes thermiques sur le polysilicium, en atmosphère humide ou desséchée dans la gamme des températures 900°C—1200°C. Ces résultats ont été interprétés en utilisant le modèle Grove-Deal, et les constantes d'accroissement linéaire et parabolique étant obtenues à l'aide d'un programme de calcul.

CD 538.551.2:539.2

STRUCTURES TEST

CIRCUITS INTÉGRÉS

Negru, S. e.a.: Le masque teste pour la production des circuits intégrés.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 41

L'ouvrage présente un nouveau masque test pour la production des circuits intégrés réalisés à IPRS, utilisé tant pour le flux des circuits intégrés linéaires que pour celui des circuits intégrés logiques qui permet l'essai de quelques structures spécifiques: super B, Bi-FET, I²L, Schottky. L'ouvrage contient la description des structures test ainsi que la structure du paquet des programmes.

CD 621.316.7:621.319.5

MONTAGE SUR LA SURFACE

RÉGULATEUR DE PUISSANCE HYBRIDE

Albu, A. e.: Régulateur de puissance hybride, monté en technologie SM.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 42

L'ouvrage présente le moyen de réalisation d'un régulateur de puissance hybride, avec des composants montés sur la surface. Les éléments spécifiques de la technologie de montage sur la surface sont présentés en détail et on analyse les implications concernant la résistance thermique du dispositif.

CD 538.55:6.../92

CIRCUITS INTÉGRÉS BIPOLAIRES

MODÉLAGE

METHODE NEWTON-RAPHSON MODIFIÉE

Lambrache, E.: Hipers-Programme d'analyse en courant continu des circuits intégrés bipolaires.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 44

Dans l'ouvrage est présenté le programme HIPERS, d'analyse en courant continu des circuits intégrés bipolaires, qui représente une continuité des efforts dans le domaine de la section 2400 d'IPRS. La variante actuelle de ce programme introduit dans un calculateur HP 9835 A, converge sur n'importe quel type de circuit.

CD 538.51:621.30.14

TRANSISTOR À INDUCTION STATIQUE

COURANT DE DRAIN LIMITE

Rusu, A. e.a.: Sur le courant maximum dans les transistors à induction statique.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 46

Dans l'ouvrage on propose un nouveau concept-courant de drain limite pour l'appréciation des possibilités de conduction du courant des transistors à induction statique (SIT). L'ouvrage met en évidence les différences d'essence entre SIT et TEC-J (transistors à effet de champs à porte jonction, verticaux) concernant la résistance du canal.

CD 537.1:621.30.32

CIRCULATEUR

TECHNIQUE MICROSTRIP

Cățoiu, M. e.a.: Une nouvelle famille de composantes circulateurs microstrip pour la technique du montage sur la surface.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 48

L'article présente les considérations théoriques et de projection pour la réalisation de la configuration de circulateur microstrip destiné à l'utilisation dans la technique du montage sur la surface. La structure utilisée est de type WYE. Les résultats expérimentaux obtenus pour un circulateur sur la fréquence de 900 MHz sont: perte d'insertion moins de 0,6 dB isolation plus grande de 22 dB et le rapport d'onde stationnaire moins de 1,25 sur une bande de fréquence de 8,5 GHz.

CD 621.37.029.6

TOPOGRAPHIE AUX RAYONS X

SILICIUM

DÉFAUTS CRISTALLOGRAPHIQUES

Stoica, A. e.a.: Installation automatique de topographie aux rayons X pour la caractérisation des matériaux semiconducteurs.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 50

L'ouvrage présente les possibilités du travail et les performances de l'installation de topographie aux rayons X réalisée par IFTM en collaboration avec IFIN et quelques applications dans la technologie de fabrication des composantes de CCSIT-CE. On met en évidence les dislocations dans le silicium monocristallin et des défauts induits à la diffusion du bohr dans le silicium.

CD 537.31.32

MICROLITHOGRAPHIE

MIRES DE CONTRÔLE

DÉSALIGNEMENTS

Drăgan, G. e.a.: La détermination des écarts de superposition en microlithographie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 52

Dans l'ouvrage est présenté une étude des écarts de superposition dans la microlithographie des masques et la lithographie par contact pour la fabrication des transistors UHF. Le but de l'ouvrage est de mettre au point une méthode de surveillance ayant à la base quelques mires spéciales.

CD 669.28:621.78

MÉTAL RÉFRACTAIRE (MOLYBDÈNE)

RESISTANCE SERIE DE CONTACT

TRAITEMENT THERMIQUE RAPIDE

PLASME ARGON

INTERFACE METAL-SEMI-CONDUCTEUR

Bădilă, M. e.a.: Traitement thermique pour les systèmes de métallisation avec molybdène (MO).

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 55

Sur des structures test d'évaluation de la résistance série de contact molybdène-silicium traités du point de vue thermique en atmosphère neutre d'azote ou vide, on détermine le traitement optimal pour obtenir la résistance série de contact minimale ($R_{SC-sj-p} \cdot 10^{-5}$ ohm.cm.).

CD 621.39.6:621.3.35:621.578

AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

COMPENSATION EN FRÉQUENCE

COUPLAGE EN AVANT

Stănescu, C. e.a.: Une technique efficace de compensation en fréquence des amplificateurs opérationnels de bande large

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 1, mars 1988, p. 57

L'ouvrage présente une technique efficace de compensation en fréquence des amplificateurs opérationnels par l'utilisation du couplage en avant. On a fait une analyse théorique

de la réponse en fréquence qui permet l'optimisation de la technique présentée. Les résultats expérimentaux attestent la possibilité d'obtenir des amplificateurs opérationnels de vitesse bande large et bruit bas, utilisant un nombre de minimum des conducteurs de compensation.

CD 621.37.029.6

TRADUCTEUR À MICRO-ONDES
MESURE DES DISTANCES

Iordănescu, S. e.a.: Traducteur à micro-ondes pour mesurage des petites distances.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 1, mars 1988, p. 59

L'ouvrage présente un système d'émission-réception dans la bande X, destiné au mesurage des petites distances (50—200 m), avec une résolution meilleure de 0,4 %. Le traducteur fonctionne sur le principe du RADAR dans l'onde continue à modulation linéaire de fréquence.

CD 621.37:621.316.2

ZONE P P-WELL
SOUS-COUCHE BULK
FLOTTANT FLOATING

Albu, R. e.a.: Transistor NPN flottant en technologie CMOS. E.E.A. — Automatică și electronică 32, nr. 1, mars 1988, p. 61

On propose une méthode simple de réalisation d'un transistor bipolaire NPN à collecteur flottant en technologie CMOS avec zone p. L'émetteur et la base du transistor se

couplent intrinsèque avec les bornes homonymes du transistor npn vertical, dont le collecteur est attaché potentiel du souscouche. On a observé une dépendance accentuée du rapport des courants de collecteur de ces transistors de la géométrie d'émetteur commun. On présente aussi les caractéristiques statiques de courant et la répartition de B sur la plaquette, mesurées sur une structure de test à cycle fermé.

CD 621.3.012.539.1

CIRCUIT INTÉGRÉ
STRUCTURE (CHIP)
ZONE NONCONNECTÉE
MASQUE D'INTERCONNEXIONS

Răpeanu, R. e.a.: Unip 2000 — Zone analogique nonconnectée de 40 volts.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 1, mars 1988, p. 63

L'ouvrage présente une structure de circuit intégré de la famille des zones nonconnectées, destinées à la satisfaction des commandes de petite et moyenne envergure (mille dizaine de mille de pièces), dans une période relativement réduite (4...8 semaines) et avec un effet minimum de projection.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI; dr. ing. I. BĂTRÎNA; dr. ing. V. BUNEA; prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU; ing. CECOEONICĂ; prof. dr. st. tehn. ing. V. CORLĂTEANU; prof. dr. ing. M. DRĂGANESCU; prof. dr. ing. M. HĂNGĂNUȚ; prof. dr. doc. st. tehn. ing. G. HORTOPAN; ing. I. ILIESCU; ing. V. LEFTER; dr. ing. A. MILLEA; prof. dr. doc. st. tehn. ing. C. MOCANU; prof. dr. ing. A.

NICOLAIDE; ing. A. POPA; prof. dr. ing. S. PUȘCĂȘU; ing. M. SÎRBU; dr. ing. VALERIUS STANCIU, redactor resp. adjunct; dr. ing. FLORIN TEODOR TANĂSESCU, redactor responsabil.

Redactor principal: VIORICA ANASTĂSESCU

Tehnoredactor: CORNELIA CRISTESCU

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA” (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice, apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.) București. Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei, București, Calea Vic-

toriei, nr. 133, telefon 50.40.90, int. 475 și 695, plata abonamentelor făcându-se prin mandat postal pe adresa: I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45—47, București, cont virament nr. 301700301 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare este de 120 lei; nu se fac decît abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Cititorii din străinătate care doresc să se aboneze la revista E.E.A. — ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA și AUTOMATICA se pot adresa Întreprinderii „ILEXIM” — departamentul export — import presă — București — Calea Griviței nr. 64—66, P.O.B. — 2001 — Telex 01.12.26



Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația”
București, str. Brezoianu nr. 23—25, cd. 2104

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Automatica și electronica nr. 1

Conferința anuală de semiconductoare (CAS)-1987, văzută prin prisma celor 10 ani de la înființare (1978—1987)

1. Introducere

Prin tradiție primul număr al revistei Electrotehnica, Electronica și Automatica (EEA) este un număr festiv CAS dedicat prezentării ultimei ediții a conferinței în paralel cu reclama pentru noua ediție.

Lucrarea de față, după o scurtă prezentare a desfășurării lucrărilor CAS-87 (ediție jubiliară), face un istoric al celor 10 ani de la conferință așa cum este reflectat de arhiva și statisticile CAS, dar și de impactul CAS asupra industriei noastre de dispozitive semiconductoare.

2. CAS-1987 (Ediția a 10-a jubiliară)

Lucrările Conferinței Anuale de Semiconductoare (CAS) — 1987 s-au desfășurat între 7 și 10 octombrie, la Sinaia.

Ediția a 10-a CAS a stabilit în acest an indicatori record: 129 lucrări, 15 lucrări invitate, 403 participanți.

CAS 1987 a înregistrat o creștere a paletei instituțiilor din București și provincie, participante la CAS, față de edițiile anterioare. Pondere cea mai mare de participare o au instituțiile din platformele Băneasa (CCSIT — CE, IPRS), Măgurele (IFTM, IFTAR, IFIN, Facultatea de Fizică) și Institutul Politehnic București. Este remarcabil în acest an numărul mare de participanți la CAS, de la diferite întreprinderi bucureștene sau din țară, majoritatea beneficiari existenți sau potențiali ai produselor din Platforma Băneasa.

Ediția CAS 1987 s-a bucurat de participarea în Comitetul de Organizare CAS, sau ca invitați, a unor oaspeți de prestigiu: prof. dr. doc. M. Drăgănescu, membru corespondent al Academiei R.S.R., prof. dr. V. Cătuneanu, director în Ministerul Educației și Învățământului, prof. dr. R. Grigorovici, membru corespondent al Academiei R.S.R., prof. dr. ing. G. Rulea, decanul Facultății de Electronică și Te. (IPB), prof. dr. I. Pop, decanul Facultății de Fizică (Univ. Cluj), profesorii G. Moisil, A. Tugulea și I. Teodorescu (IPB), directorii A. Vătășescu (IPRS), G. Constantinescu (Microelectronica), Vlad Emil (INID) și alții.

Din partea forurilor conducătoare au participat: ing. P. Apostol (CIETe), ing. Gh. Sadaciev (MIET), ing. E. Gîrleșteanu (ICIET), ing. Gh. Cheregi și ing. C. Cațichi (IGS).

În ultima zi a conferinței s-a desfășurat masa rotundă cu tema „Perfecționarea activității de informare și documentare tehnico-științifică în concordanță cu cerințele microelectronicii globale”, avînd ca moderator pe dr. ing. Ioan Bătrîna, directorul CCSIT — CE. Participarea a fost amplă, discuțiile au fost vii și deosebit de interesante.

Ca număr de lucrări, de secțiuni (18 secțiuni), de lucrări invitate, cît și ca mod de încărcare a zilelor conferinței, programul CAS — 1987 a fost un program bogat, cel mai complex din toate edițiile CAS. Din punct de vedere științific anul 1987 este anul de vîrf între toate edițiile CAS.

Volumul „Lucrările CAS — 1987” realizat într-un tiraj de 1000 exemplare (556 pagini) și în cea mai îngrijită formă de pînă acum a fost disponibil participanților încă din prima zi a conferinței.

Programul Științific al conferinței și-a atins în acest an toate obiectivele urmărite.

Participanții și invitații au calificat ediția CAS 1987 drept cea mai reușită ediție CAS, atît din punct de vedere științific, cît și organizatoric.

3. CAS 1978-1987

3.1. Definirea CAS

Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS) reprezintă forumul anual de prezentare și dezbateră a realizărilor valoroase din domeniul electronicii semiconductoarelor din R.S. România.

Organizată pentru prima dată în 1987, de către ICCE, CAS îi reunește, în fiecare octombrie, pe cei care, prin munca lor — în laboratoare de cercetare, în secții de producție sau la catedră — determină progresul țării în tehnica semiconductoarelor.

3.2. Profilul CAS

Profilul Conferinței este orientat către fizica, tehnologia și aplicațiile componentelor microelectronice, cercetate și realizate pe suport semiconductor.

Lucrările celor 9 ediții au fost organizate după tematică, pe secțiuni care, fără a fi limitative, au rămas valabile și la ediția din acest an pentru definirea profilului Conferinței:

- analiza și modelarea dispozitivelor semiconductoare
- proiectare/inginerie asistată de calculator (CAD), inclusiv calculatoare personale și stații de lucru
- tehnologii de microlitografie
- tehnologii și utilaje de procesarea siliciului
- cercetări avansate („fundamentale”) de materiale și dispozitive semiconductoare
- circuite integrate (microelectronică)
- dispozitive semiconductoare de putere (microelectronică de putere)
- traductoare (senzori) cu semiconductoare
- fiabilitatea componentelor semiconductoare
- algoritmi și metode de testare (dispozitive și materiale semiconductoare)
- aplicații originale ale dispozitivelor semiconductoare

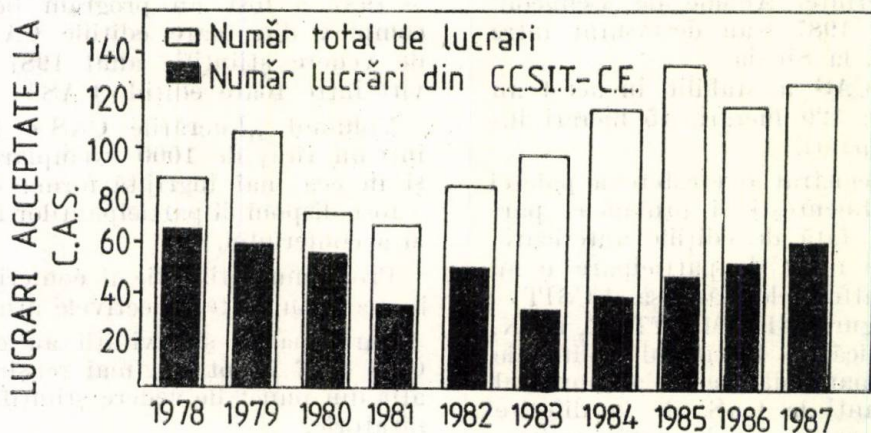
Spre deosebire de alte sesiuni științifice, simpozioane etc., la CAS nu se acceptă lucrările care au mai fost prezentate sau publicate în țară; de asemenea, un autor are dreptul să prezinte cel mult 3 lucrări.

Acceptarea lucrărilor se face după trecerea prin filtrul unor referenți din Platforma Băneasa, Institutul Politehnic București sau Universitatea București care, începând din anul 1985 (ediția a 8-a), sînt organizați în subcomitete de specialitate. Pentru exemplificare, la ediția a 10-a lucrările au fost preluate după înscriere, în vederea selecției, de următoarele subcomitete:

- dispozitive discrete (D)
- circuite integrate (C. I.)
- tehnologii și utilaje de procesare (T)
- cercetări fundamentale de semiconductoare (F)
- aplicații și testare (AT)

3.4. Anunțarea Conferinței

Anunțarea Conferinței are loc prin pliantul tipărit „Call for Papers”, care oferă și alte amănunte: loc, perioadă de desfășurare profilul secțiunilor CAS, modalități de selecție și redactare a lucrărilor, componența subcomitetelor de selecție, componența Comitetului.



Evoluția cifrei de participare cu lucrări la C.A.S.

3.3. Modalități de selecție

Toate cele 10 ediții CAS au căutat să păstreze o linie cât mai riguroasă de selecție: lucrările înregistrate au fost citite cu grijă, selecționate, date înapoi pentru refacere și iarăși selecționate de organizatori. Acceptată ca atare sau criticată, aceasta este totuși singura linie care conferă autorilor satisfacția trecerii unui prim baraj în confruntarea științifică.

Acceptarea lucrărilor s-a făcut pînă acum în două trepte consecutive și interdependente: redactări preliminare pentru preselectie (treapta I) și redactări finale (treapta a IIa).

lui de Organizare CAS. Talonul de participare din cuprinsul pliantului a permis completarea anuală a Băncii de Date CAS cu datele personale și științifice ale participanților și propuneri de teme pentru mese rotunde la CAS.

3.5. Prezentarea lucrărilor la CAS

Programul CAS a conținut, la toate cele 10 ediții, comunicări prezentate oral (lucrări invitate și lucrări normale). Începînd din anul 1982 (ediția a 5-a) au apărut și lucrări care fac excepție de la regula expunerii „vorbite”: secțiunea de circuite integrate s-a desfășurat

rin lucrări prezentate sub formă de afiș (POSTER). Următoarele ediții au dezvoltat această modalitate de expunere, dar într-o secțiune „hibridă” ca tematică (POSTER GENERAL). Ediția jubiliară CAS a cuprins mai multe secțiuni „POSTER”: circuite integrate, echipamente tehnologice/testare, aplicații, POSTER GENERAL.

De obicei, lucrările invitate au deschis secțiunile curente.

În anul 1982 (ediția a 5-a) s-a constituit prima secțiune „GENERALĂ”, cu statut permanent la următoarele ediții, în care au fost cuprinse lucrări reprezentative pentru domenii mai mari de interes și care poartă girul unor personalități din sfera cercetării, producției sau învățământului superior.

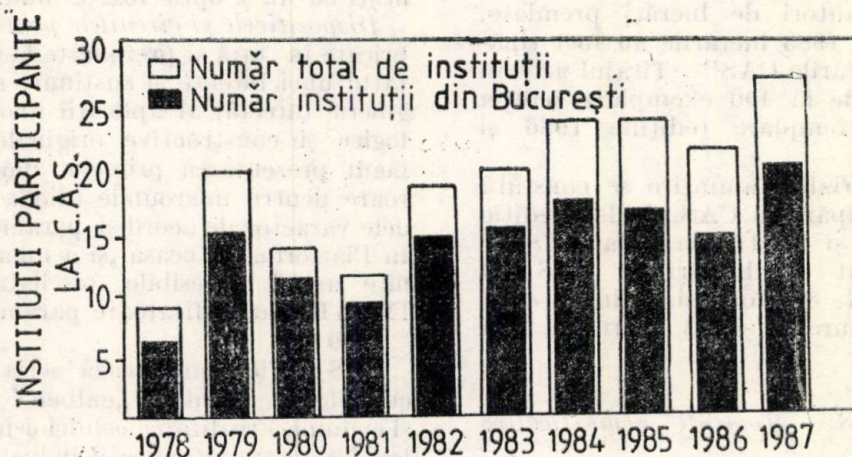
Începînd cu anul 1984 (ediția a 7-a) în ultima zi a Conferinței s-au organizat una sau mai multe mese rotunde, ale căror teme au fost stabilite pe baza unor opțiuni din taloanele de participare.

și eforturile deosebite, organizatorice dar și financiare, ale CCSIT — CE, la ultimile 5 ediții CAS s-a reușit tipărirea volumului „Lucrările CAS” în intervalul scurt de 2 — 3 luni rămas disponibil între selecția finală și începerea conferinței. CAS este printre puținele conferințe din țară care reușește să prezinte volumul „Lucrările CAS” în timpul desfășurării conferinței.

Editat printr-o tehnică fotografică de copiere directă (offset) și redactat hibrid (în limba română sau engleză, după opțiunea autorilor) apariția anuală a volumului „Lucrările CAS” (Proceedings) reprezintă o etapă necesară în scopul apropierii de standardele de prezentare internațională.

3.7. Ce și-a propus CAS

Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS) și-a propus, încă de la înființarea sa, abordarea unei tematici de avangardă, vizînd cercetarea domeniului semiconductoarelor pe fron-



Dinamica participării instituțiilor din RSRomania la C.A.S.

3.6. Publicarea lucrărilor CAS

Revista Electrotehnica, Electronica și Automatica (EEA) a publicat în fiecare an, o dată cu anunțul ediției CAS pentru anul în curs, o prezentare a ediției CAS precedente, împreună cu o selecție din cele mai bune lucrări ale acesteia (aprox. 100 lucrări CAS apărute în revista EEA în ultimii 5 ani).

Participanții la primele 5 ediții CAS și-au pus sistematic întrebarea privind materialul de referință care rămîne după prezentarea orală a lucrărilor la CAS (și după atîta muncă depusă). Începînd cu anul 1983 (ediția a 6-a) autorii își realizează redactarea finală a lucrării (pentru treapta a II-a de selecție) pe formulare speciale, furnizate de organizatori, în vederea publicării în volum. Prin grija

turile avansate ale cunoașterii. Stimularea schimbului de informații și idei la nivelul cercetărilor constituie scopul principal al CAS, ca și al oricărei manifestări științifice de acest gen.

Comitetul de Organizare și-a propus să atragă la CAS o parte semnificativă a cercetătorilor din domeniul semiconductoarelor, strîngînd la un loc, anual, elita cercetătorilor și inginerilor din Platforma Băneasa (CCSIT — CE, IPRS, Microelectronica), din Platforma Măgurele (IFTM, IFIN, IFTAR, ICEFIZ, Univ. București — Facultatea de Fizică), institutele politehnice și universitățile din țară, alte institute de cercetare și întreprinderi productive din acest domeniu.

3.8. Ce spun statisticile celor 10 ediții CAS

Arhiva CAS conține numeroase materiale sistematizate pentru cei 10 ani CAS cum sînt: *indexuri* (autori participanți cu lucrări, autori participanți cu lucrări invitate, coordonatori de secțiune, referenți sau participanți în comitetele de selecție, participanți în Comitetul de Organizare, autori cu lucrări premiate la CAS, instituții participante la CAS), *liste* (lucrări invitate, lucrări premiate, mese rotunde, lucrări CAS comunicate sau prezentate în străinătate), *tabele centralizatoare* (număr de lucrări, de lucrări invitate, de secțiuni la CAS, de instituții participante, de lucrări aparute în volumul „Lucrările CAS” sau „Lucrări invitate la CAS” etc.).

Prezentăm, din aceste materiale, cîteva elemente de statistică, reprezentative. În perioada 1978 — 1987 au fost prezentate la CAS-1007 lucrări curente, 76 lucrări invitate, și au fost premiate 118 lucrări, totalizînd 871 autori de lucrări curente, 62 autori de lucrări invitate și 210 autori de lucrări premiate. Începînd cu ediția 1983 lucrările au fost tipărite în volum „Lucrările CAS”. Tirajul acestui volum a crescut de la 400 exemplare (ediția 1983) la 1000 exemplare (edițiile 1986 și 1987).

Din toate materialele amintite se constată o creștere a participării la CAS, de la o ediție la alta (figurile 1 și 2). În perioada 1978 — 1987 au participat cu lucrări la CAS 70 de instituții din R. S. România, din care 47 instituții din București și 23 instituții din țară.

3.9. Lucrările CAS — Momente semnificative ale celor 10 ani

Istoria de 10 ani a edițiilor CAS este istoria noastră, a celor cu preocupări în domeniul dispozitivelor semiconductoare, participarea cu lucrări acceptate la CAS fiind un barometru sensibil al progreselor realizate.

1978

Centrul de greutate al comunicărilor la CAS continuă să fie *dispozitivele discrete*, cu rafinamente avansate de *modelare*, *procesare* și *caracterizare* și cu tot mai multe lucrări acceptate la conferințe internaționale de prestigiu. De-a lungul edițiilor CAS s-au raportat modele consistente și competitive pentru capacitorul MOS, tranzistoare bipolare și MOS, celule solare, contactul metal-semiconductor, precum și pentru o serie de procese tehnologice fundamentale. Lucrările privind metode de caracterizare apar la toate edițiile CAS și sintetizează eforturile făcute de cercetători pentru înțelegerea, controlul și perfecționarea tehnologiilor existente, în paralel cu integrarea în țară a materialelor necesare fabricației de dispozitive semiconductoare.

Încă de la prima ediție CAS tematicile abordate au fost de mare interes și au rămas pînă în prezent de actualitate: metode de caracterizare a tranzistoarelor de putere utilizînd cristale lichide, sisteme de caracterizare bazate pe baleiere cu fascicul laser etc. Lucrările CAS, încă de la prima ediție evidențiază includerea în fluxul de fabricație a unor tehnici care corespund nevoilor curente de producție cum este profilarea distribuției de impurități dopante (CAS '78, '79, '80, '81, '84, '85, '87).

Comunicările la CAS privind *dispozitivele optoelectronice* au fost prezente la toate edițiile CAS. Aceste comunicări au fost axate fie pe dispozitive emițătoare, fie pe fotodectoare și au reflectat evoluția nomenclatorului de produse omologate la CCSIT — CE sau Microelectronica. CAS 1978 marchează deja producția de serie, la CCSIT — CE a diodelor electroluminescente „roșii”, modelul experimental al celor „verzi” (IFTM), precum și realizarea primelor fototranzistoare românești cu un β optic foarte bun.

Dispozitivele și circuitele pentru microunde fabricate în țară și prezentate la CAS sînt rezultatul unei intense și susținute activități de inginerie directă, al aplicării unor soluții tehnologice și constructive originale. CAS 1978 a făcut prezentarea primelor diode semiconductoare pentru microunde (diode IMPATT, diode varactor de acord și parametrice) realizate în Platforma Băneasa, și a unor aplicații devenite astfel accesibile (oscilatoare cu diode IMPATT, amplificatoare parametrice).

1979

CAS 1979 completează seria diodelor LED cu culorile „verde”, „galben” și „portocaliu” și comunică realizarea celulelor fotovoltaice pentru fotometre și aplicații industriale. La următoarele ediții CAS lucrările de „celule solare” reflectă competiția CCSIT-CE, IPRS, IPB și Microelectronica pentru înțelegerea și dezvoltarea unor dispozitive optoelectronice de performanță.

Această ediție a marcat apariția unor noi familii de diode de microunde (diode PIN, diode Schottky, diode cu revenire în treaptă), dispozitive ce au lărgit considerabil aria aplicațiilor, impulsînd și activitatea de cercetare a circuitelor complexe pentru microunde. De altfel aplicațiile componentelor de microunde fabricate de CCSIT-CE și IPRS au constituit centrul de greutate al secțiunilor de microunde ale CAS și la următoarele două ediții.

Includerea în programul conferinței, începînd din acest an a secțiunii de „*Microprocesoare*” reflectă impactul asupra electronicii românești a revoluției tehnice declanșată la scară mondială de această componentă.

Secțiunea „Testare” a CAS reflectă, de la primele ediții, virfurile de complexitate realizate în domeniul construcției de testere (echipamentul de împerechere a diodelor de capaci-

tate variabilă), dar și finalizarea unor metode originale de măsurare a unor parametri (măsurarea vitezei de comutație la dispozitive semiconductoare rapide).

1980

Ca o confirmare a convergenței preocupărilor din Platforma Băneasa pentru investiția „Microelectronica”, la ediția 1980 lucrările din cadrul secțiunilor de „Circuite integrate”, „Sisteme de testare” și „Microprocesoare” raportează rezumate și contribuții valoroase în domeniile proiectării, testării și aplicării circuitelor MOS/LSI.

1981

Realizările de excepție ale fiecărei ediții CAS, așa numitele realizări de „bornă kilometrică”, sînt noile tehnologii. CAS 1981 raportează tehnologiile de proiectare computerizată a măștilor pentru dispozitive semiconductoare, elaborate prin cercetare proprie de CCSIT-CE și folosite apoi eficient în toată Platforma Siliciului. Tehnica MONOCIP în domeniul proiectării circuitelor integrate liniare (CCSIT-CE), prezentată la această ediție și continuată cu lucrări și în anii următori, s-a finalizat pînă în prezent prin 15 circuite integrate la comandă, omologate, cu aplicații în diverse domenii.

Se menționează ca element de noutate al ediției 1981 premiarea la deschiderea conferinței a 11 lucrări, din cele prezentate la ediția anterioară, cărora participanții la secțiunile conferinței le-au acordat punctajele cumulate maxime la criteriile originalității, interesului tehnic și calității prezentării.

1982

Fotodetectoarele evoluează la CAS, începînd cu 1982, către integrarea lor monolitică pe substrat comun cu circuite de amplificare și către dispozitive speciale (fotodiode PIN și în avalanșă)

1983

Tehnologia P-MOS/aluminiu exersată mai mulți ani în spațiile CCSIT-CE a ajuns în 1983 într-o fază avansată de control ingineresc și standardizare la I. Microelectronica. În anii următori Microelectronica a dezvoltat (și raportat la CAS) tehnologiile de tip MOS, ajungînd un producător cu renume, posesor al unui bogat nomenclator de produse.

La ediția 1983, în cadrul secțiunii de „Microunde”, s-au prezentat noi realizări spectaculoase în domeniul dispozitivelor de putere pentru frecvențe foarte înalte (diode de multiplicare pentru benzile L și S, tranzistoare de medie putere și de putere pentru banda VHF).

În 1983 apare la conferință primul volum „Lucrările CAS”, în tiraj de 400 exemplare.

1984

La ediția CAS 1984 se prezintă, abia ieșită din tipografie, cartea „Tehnica MONOCIP” (CCSIT-CE).

Introdusă prima oară la această ediție, secțiunea de „Fiabilitate” atrage atenția prin tehnici de investigare ca microscopia electronică cu baleiaj standard și, mai nou, cu contrast de potențial, decorări anodice, cristale lichide tehnici utilizate în prezent în toată Platforma Siliciului.

CAS 1984 a lansat echipamente care au devenit utilaje de bază ale producției de serie autohtone: testerele ATES (testarea pe plachetă a componentelor discrete) și STELA (testarea circuitelor integrate liniare).

Această ediție lansează tehnologia BIFET pentru circuite integrate liniare (IPRS) finalizată ulterior prin amplificatorul operațional βF 356.

La CAS 1984 IPRS-Băneasa, în cadrul secțiunii jubiliare dedicate secției 2500 (tranzistoare) în al 10-lea an de la înființare, a prezentat: tranzistoarele EPIBAZA de putere, tranzistoarele de înaltă tensiune și comutație realizate prin tehnica RESURF, tranzistoarele Darlington de putere și altele.

Ca element reprezentativ de progres tehnologic al anului, CAS 1984 raportează realizarea tehnologiei CMOS (Microelectronica).

1985

Cercetarea de dispozitive, perseverent și inspirat adîncită, poate duce la descoperiri fundamentale: investigarea pornită cu ani în urmă în CCSIT-CE asupra zgomotului 1/f în tranzistoare (cu rezultate prezentate la mai multe ediții CAS), a fost finalizată în 1985 printr-o tehnică spectroscopică de caracterizare a vibrațiilor rețelei în orice fel de materie condensată.

Circuitele integrate au marcat în 1985 combinarea iscusită de către proiectanți a practicilor de inginerie inversă directă cu ingineria de proiectare a unor circuite originale. În acest sens, abordarea regulatorului de tensiune cu detector de incidente pentru autovehicule, ROB 8140, calificată inițial drept „un act de curaj” s-a finalizat ulterior prin omologare și introducerea, începînd cu 1987, în fabricație.

Lucrările CAS de circuite integrate au evidențiat un progres continuu în tehnologia circuitelor integrate liniare, atît în ce privește diversificarea tehnologiilor, cît și creșterea densității de împachetare. S-au înregistrat evoluții crescătoare sub aspectul măririi ariei cipurilor, a numărului de componente integrate prin același proces tehnologic și a diversificării numărului de funcții electrice integrate. CAS 1985 a relevat progresul obținut în asimilările de circuite integrate străine, reprezentative

fiind stabilizatorul de 5 V/3 A (ROB 323) și amplificatorul operațional în tehnologia BIFET (βF 356).

CAS 1985 a marcat un salt calitativ în cercetarea și producția de diode pentru microunde, prin raportarea diodei varactor hiperabrupte (CCSIT-CE), a diodei BARITT (IPRS), precum și a primului dispozitiv semiconductor pentru banda K (18 GHz) — dioda de multiplicare cu revenire în treaptă (CCSIT-CE). Ca un rezultat de un deosebit prestigiu al eforturilor depuse în direcția dezvoltării dispozitivelor semiconductoare și a circuitelor complexe pentru microunde, la această ediție a fost prezentat blocul integrat de emisie-recepție pentru banda X, realizat în întregime cu componente cercetate și fabricate în CCSIT-CE.

La această ediție se lansează tehnologia NMOS cu poartă de siliciu, realizare reprezentativă pentru progresul parcurs de întreprinderea Microelectronica.

Echipa „de, putere” a Platformei Siliciului, secția 2300/IPRS, a prezentat la CAS 1985, într-o secțiune dedicată aniversării a 15 ani de la înființarea sa, principalele realizări în domeniul dispozitivelor de putere fabricate de IPRS.

Ediția CAS 1985 evidențiază preocupările de a face din testare un instrument eficient de orientare a producției (lucrările privind sisteme de achiziții de date). În concordanță cu creșterea generală a complexității echipamentelor de caracterizare, lucrările CAS reflectă creșterea ponderii „software-ului” specific de testare, a sistemelor de operare în timp real și a limbajelor de programare.

La CAS 1985 s-au prezentat în secțiunea de „Aplicații” o serie de macrocomponente, module, sisteme modulare, produse în Platforma Siliciului și, extrem de utile beneficiarilor: sistemul modular MADS, sistemele modulare MIC 86, MIC Z80, Kit-ul procesor 14.000, sistemele programabile de achiziție de date analogice.

CAS 1985 marchează primele apariții tipărite ale programului CAS și pliantului „Chemare pentru lucrări”.

În 1985 domeniul optoelectronicii e reprezentat la CAS prin realizări concrete privind îmbunătățirea performanțelor diodelor electroluminiscente (intensitate sporită de cca 5 ori) și fotodetectorilor pentru nivele foarte reduse de iluminare. De asemenea au fost prezentate fototiristoarele de mică putere destinate cuploarelor optoelectronice.

1986

Parcurgând programul CAS 1978-1985 se poate observa că, în timp ce revistele internaționale alocă spații tot mai mari materialelor semiconductoare compuse, cercetarea din Platforma Băneasa rămâne restrânsă la siliciu,

conform cerințelor curente și de perspectivă apropiată ale industriei noastre. Este o explicație a denumirii de Platforma Siliciului care înlocuiește în ultima vreme vechea Platformă Băneasa. Începând cu 1986 o serie de lucrări CAS, având certe elemente de contribuții originale, privitoare la noi materiale semiconductoare, constituie o nouă secțiune: *cercetări fundamentale de semiconductoare*.

La CAS 1986 a fost raportat blocul de recepție pentru banda de 11 GHz destinat recepției emisiunilor TV de sateliți, realizat cu elemente autohtone.

O dată cu prezentarea în premieră a cuploarelor optoelectronice și a fotodiodei în avalanșă pentru laserul YAG, secțiunea de „Optoelectronică” a marcat și împlinirea a 10 ani de la înființarea laboratorului de „Dispozitive optoelectronice” din CCSIT-CE.

CAS 1986 raportează o metodă originală de măsurare a unor parametri: extragerea din zgomot a caracteristicilor de conducție sub prag a tranzistoarelor MOS.

1987

Și la CAS 1987 lucrările prezentate dovedesc ambiția cercetătorilor de semiconductoare de a depăși limitările tehnologiei existente, privind înaintea spre un salt tehnologic atît de așteptat în acest domeniu. În acest sens secțiunea de cercetări fundamentale, contribuție practică exclusivă, la ediția anterioară, a fizicienilor din Platforma Măgurele, înregistrează în 1987 o puternică infuzie de lucrări cu sediul în inima industriei.

Circuitele integrate s-au prezentat la CAS, 1987 cu două direcții remarcabile și anume: una privind circuitele semiprocuate — logice și analogice — și alta referitoare la progresele obținute în domeniul fotolitografiei.

Ediția 1987 a reunit în secțiunea de proiectare asistată de calculator (CAD) programe de mare finețe și complexitate. Din rîndul acestora se remarcă programele LOCAP și LIX pentru analiza și simularea circuitelor integrate, precum și sistemul de verificare a măștilor circuitelor integrate, din punct de vedere tehnologic.

CAS 1987 a prezentat în cadrul secțiunii de „Materiale/Fiabilitate” lucrări interesante din care se remarcă cele privitoare la spectroscopia în infraroșu și elipsometria pentru studiul materialelor semiconductoare. O parte din materialul prezentat la această secțiune va fi folosită în colaborările cu ICPMS privitoare la calitatea siliciului și implicațiile acesteia asupra calității componentelor semiconductoare.

Lucrările CAS de „Microunde” evidențiază un progres continuu, atît în ceea ce privește adîncirea rafinamentelor de analiză, proiectare și modelare, îmbunătățirea performanțelor de lucru, cît și în dezvoltarea unor noi teh-

nici de caracterizare și a unor tipuri diverse de capsule de microunde (microstrip, LID). Și CAS 1987 se încadrează în această linie, marcând, în plus, jubileul înființării „Laboratorului de cercetare componente și circuite de microunde”, în 1977, în cadrul CCSIT-CE.

În premieră la CAS 1987 apare secțiunea „Echipamente tehnologice”, într-o secțiune distinctă, o parte din lucrări fiind urmarea firească a eforturilor deosebite ale colectivelor din CCSIT-CE care au realizat și omologat internațional o serie de echipamente tehnologice destinate prelucrării lingourilor și plachetelor de siliciu.

3.10. Lucrări invitate la CAS

Lucrările invitate la CAS au deschis de obicei secțiunile curente, subiectele lor fiind în strînsă legătură cu specificul secțiunilor.

Participării cu lucrări invitate la CAS a unor personalități marcante — profesorii actualilor cercetători din domeniu dispozitivelor semiconductoare — i se acordă de către toți autorii de lucrări CAS și semnificația aprecierii încurajatoare a activității lor, din partea celor care le-au determinat formația profesională și le-au servit drept modele de înaltă referință. Menționăm cu respect numele unor invitați CAS de-a lungul celor 10 ediții ale Conferinței: prof. dr. doc. Mihai Drăgănescu, membru corespondent al Academiei R.S.România, prof. dr. Radu Grigorovici, membru corespondent al Academiei R.S.România, prof. dr. ing. Vasile Cătuneanu, prof. dr. ing. Adelaida Mateescu, prof. dr. ing. George Rulea, prof. dr. doc. Andrei Țugulea, prof. dr. doc. Alexandru Timotin, prof. dr. ing. George Moisil, prof. dr. ing. Edmond Nicolau, prof. dr. ing. Ioan Teodorescu, prof. dr. Gheorghe Ciobanu, prof. dr. Iuliu Pop și alții. Secțiunile „GENERALA” CAS, în care au fost încadrate multe din aceste lucrări invitate — datorită prestigiului profesorilor invitați, profesionalismul lor, interesului deosebit manifestat de participanți pentru domeniile abordate cit și impactului lor asupra cercetărilor din Platforma Băneasa — au fost considerate cele mai reușite secțiuni CAS.

Același interes deosebit a fost manifestat pentru lucrările invitate plasate înaintea secțiunilor curente. Se menționează numai câteva din numele autorilor acestor lucrări: ing. M. Dușa, ing. M. Mihăilă, dr. S. Nan, dr. ing. D. Olteanu, ing. C. A. Popescu, ing. M. Vais, de la CCSIT-CE, dr. ing. R. Bârsan, ing. [S. Jelea] ing. H. Profeta, ing. G. Voicu, de la Microelectronica, ing. M. Bodea, dr. ing. Gh. Brezeanu, dr. C. Fluerașu, dr. ing. M. Profirescu, dr. ing. A. Rusu, de la I. P. București, ing. T. Cărcu, ing. P. Al. Dan, ing. N. Iosif, ing. N. Marinescu, de la IPRS, dr. ing. I. Petrescu-Prahova, dr. C. Popescu, de la IFTM, prof. dr. ing. V. Buzuloiu de la Centrul de Calcul al IPGG și alții.

Lucrările invitate ale cadrelor de conducere din instituțiile Platformei Băneasa (dr. ing. Ioan Bătrâna, directorul CCSIT-CE, ing. Anton Vătășescu, directorul IPRS-Băneasa, ing. Gheorghe Constantinescu, directorul Microelectronica) au analizat periodic „starea artei” în domeniul semiconductoarelor din R. S. România, furnizind elemente de referință asupra poziției actuale în domeniu și de asemenea elemente de extrapolări și presupuneri asupra viitorului.

3.11. Mese rotunde la CAS

Prin dezbaterele deosebit de interesante din cadrul meselor rotunde, organizate prin tradiție, în ultima zi a conferinței, CAS jalonează evoluția tehnicii semiconductoarelor din țara noastră.

Începînd în 1984 la CAS s-au organizat mese rotunde cu următoarele titluri:

1. „Orientări tehnologice pentru perioada următoare” (CAS—1984)
2. „Învățămîntul politehnic și universitar. Este acesta adecvat nevoilor industriei electronice, în contextul actual al erei microprocesoarelor?” (CAS—1984)
3. „Cum vorbim și cum seriem în electronică?” (CAS—1985).
4. „Cum vom proiecta și genera desenele circuitelor integrate în anii 86—90?” (CAS—1985)
5. „Platforma Siliciului și cultura Hi-Tech” (CAS—1986)
6. „Perfecționarea activității de informare și documentare tehnico-științifică în concordanță cu necesitățile MICROELECTRONICII GLOBALE” (CAS—1987).

Mesele rotunde la CAS au suscitat un interes deosebit, atrăgînd o participare largă și dezbateri vii și interesante, prelungite mult peste timpul alocat.

Discuțiile desfășurate au demonstrat marea interes pentru ideile valoroase rezultate și dorința participanților de a le aplica în activitatea lor. Majoritatea soluțiilor tehnice comunicate sînt deja aplicate într-una sau alta din întreprinderile Platformei Băneasa, unul din efectele conferinței fiind și generalizarea experienței valoroase existente.

3.12. Expoziții la CAS

Încă de la prima ediție, CAS a încercat să ilustreze prin expoziții rezultatele concrete ale cercetării în domeniul dispozitivelor semiconductoare. A devenit o tradiție prezentarea — prin mostre, panouri centralizatoare, pliante, cărți, cataloage — a ultimelor produse realizate de CCSIT-CE dar și de celelalte întreprinderi din Platforma Băneasa.

La ultimele ediții, expozițiile prezintă uneori realizările unui domeniu specializat, cum au fost expozițiile organizate de colective, laboratoare sau secții de cercetare/producție cu ocazia unor

ani jubiliari. Aceste prezentări au fost însoțite de cadre specializate pentru a da explicațiile necesare celor interesați. Convorbirile au fost utile, de cele mai multe ori materializându-se cu noi contracte de cercetare sau noi beneficiari interesați în achiziționarea unor dispozitive semiconductoare pentru instituțiile pe care le reprezentau.

3.13. Ambianța generală

Trebuie remarcat efectul pozitiv, tonifiant al organizării și permanentizării acestei conferințe, simțit de colectivitatea științifică a semiconductoarelor din țara noastră. CAS a reușit să creeze ambianța științifică competițională de care cercetarea într-un domeniu atât de dinamic avea stringentă nevoie.

Comunicările și discuțiile care au avut loc la CAS au generat idei utile care au fost și urmează să fie transpuse în practică de cercetători, fiecare la locul său de muncă.

Dincolo de interesul pentru lucrările științifice prezentate, realizarea cea mai importantă a acestei conferințe de-a lungul anilor a fost stimularea comunicărilor informale pe probleme tehnice între cercetători și grupuri de cercetători, chiar și între aceia care, fiind în organizații instituționale diferite și uneori chiar „rivale” din punct de vedere științific, nu comunicau între ei înainte de înființarea CAS.

Importanța și rolul acestei conferințe au fost definite cel mai bine de directorul IPRS-Băneasa ing. Anton Vătășescu: „CAS este cel mai bun liant al Platformei Băneasa”.

4. Concluzii

Cele 10 ediții CAS au înregistrat un succes deosebit, atât științific, cât și organizatoric. CAS a fost apreciată în mod repetat de participanți și invitați drept cea mai consistentă manifestare științifică în domeniul electronicii, la nivelul țării (CAS 1986 și CAS 1987).

CAS este și va rămâne și la următoarele ediții neconfundabil ceea ce este: for științific de referință și generator al mult necesarei motivații competiționale în rîndul cercetătorilor din domeniul dispozitivelor semiconductoare din R.S. România.

Receptivi atât la felicitările cât și la criticile primite, cercetătorii din domeniul semiconductoarelor speră să realizeze și mai mult, în continuare, prin rezultate valorificate, creativitate și eficiență.

CAS 1987 confirmă încă o dată că, din punctul de vedere al oamenilor pe care îi avem, putem să spunem hotărâți „se poate” la practic orice proiect în domeniul tehnicii dispozitivelor semiconductoare.

Manager CAS,
ing. Doina Vancu *

* Autorul mulțumește referenților (din CCSIT-CE și IPB) D. Olteanu, Adrian Rusu, M. Bodea, S. Iordănescu, Gh. Brezeanu, M. Bădilă, A. Cosmin pentru amabilitatea de a citi și completa acest material și colegilor (din CCSIT-CE și IPB) pentru contribuția adusă redactării capitolului „Lucrările CAS — Momente semnificative ale celor 10 ani” (M. Bădilă, Gh. Brezeanu, C. A. Popescu, S. Iordănescu, E. Vasile, St. Gozner).

Lista lucrărilor prezentate la CAS 1986 care au fost premiate pentru originalitate, interes tehnic și calitatea prezentării (în ordinea secțiunilor din program)

1. INFLUENȚA DOPANȚILOR ASUPRA RĂSPUNSULUI SENZORILOR CU SnO_2 , N. Bârsan, E. Dimitriu, R. Ionescu, A. Vancu, IFTM
 2. DIODE REDRESOARE DE FOARTE MARE CURENT, V. Banu, E. Lakatoș, C. Banu, F. Golu, IPRS
 3. MECANISMELE DE LIMITARE LA LUNGIMI DE UNDĂ SCURTE A RĂSPUNSULUI SPECTRAL AL FOTODETECTOARELOR REALIZATE PE SILICIU, M. Purica, E. Budianu, CCSIT-CE
 4. BLOC DE RECEPȚIE PENTRU BANDA DE 11 GHz, M. Cățoiu, S. Iordănescu, V. Buiculescu, CCSIT-CE
 5. ANALIZA DEFECTELOR GENERATE ÎN PROCESELE DE FOTOGRAVURĂ LA TRANZISTOARELE DE PUTERE, M. Oha-nesian, M. Păunescu, F. Pârvu, A. Veron, IPRS
 6. EXPERIMENTAL RESULTS ON Mo AND Mo_xSi_y FILMS FOR LSI APPLICATIONS, Șt. Vasile, C. Orfescu, F. Căldăraru, D. Nicolaescu, CCSIT-CE
 7. A STUDY OF THE PROPERTIES OF LTCVD PHOSPHOSILICATE GLASS FILMS, C. Pavelescu, C. Cobianu, Microelectronica, N. Vlahovici, C. Ghiță, IFTM
 8. ROB 07 AMPLIFICATOR OPERATIONAL DE ÎNALTĂ PERFORMANȚĂ, C. Gheorghiu, C. Stănescu, C. Vlaicu, S. Setnic, CCSIT-CE
 9. PROGRAM PENTRU OPERAȚII LOGICE CU MĂȘTILE CIRCUITELOR INTEGRATE, S. Coțofană, C. Coțofană, CCSIT-CE
 10. ICAR — SISTEM INTERACTIV DE GENERARE A MĂȘTILOR LA COMANDĂ, PENTRU SISTEMUL MONOCIP, F. Bălașa, B. Leibovici, CCSIT-CE
 11. ALGORITM NUMERIC PENTRU SIMULAREA PROCESELOR DE DIFUZIE ÎN SEMICONDUCTOARE, M. Meilă-Predoviciu, C. Gingu, Microelectronica
 12. NUCLEATION-GROWTH TREATMENTS OF OXIDE PRECIPITATES FOR THE INTRINSIC GETTERING ACTIVATION, A. Veron, A. Brădeanu, M. Stanciu, IPRS, M. Botea, E. Blidaru, ICPMS
 13. METODĂ ȘI SISTEM AUTOMAT DE CARACTERIZARE A DIODELOR ZENER TERMOCOMPEMSATE DIN FAMILIA ROZ 82, V. Popescu, M. Mihăescu, V. Popescu, O. Bădoiu, CCSIT-CE
 14. MODUL INTELIGENT PENTRU PROGRAMAREA MEMORII-LOR (EP) ROM, L. Toia, A. Olariu, CCSIT-CE
 15. ASUPRA CONTRASTULUI REPERELOR DE ALINIERE AUTOMATĂ A PLACHETELOR DE SILICIU CU ORIENTAREA CRISTALOGRAFICĂ (100), M. Ilie, N. Moldovan, R. Leancu, M. Dușa, N. Dumbrăvescu, CCSIT-CE
-

Actualitate și perspectivă în bioelectronica și electronică moleculară

MIHAI DRĂGĂNESCU * — BUCUREȘTI

Introducere

Studiul proceselor, dispozitivelor și sistemelor aparținând *bioelectronicii* și *electronicii moleculare*, întâmpină, la început, dificultatea variațiilor înțelesuri ale acestor noțiuni și apariția continuă a unor termeni noi care, de cele mai multe ori, se întrepătrund cu cei vechi.

Este atunci necesară, în prealabil, o ordonare a termenilor legați de bioelectronică și electronică moleculară în raport cu anumite criterii, recunoașterea și păstrarea unor noțiuni care s-au impus mai de mult în știință și tehnologie, încercând și o precizare a conținutului noilor termeni. Apoi, în raport cu un asemenea cadru, cit de cit precizat, să poată fi reevaluat conținutul unor termeni folosiți de un autor sau altul.

În știință, prefixul *bio* a fost folosit pentru termeni compuși cum sînt *biofizica*, *biochimia*, *biomecanica*.

Biofizica are drept obiect de studiu fizica substanței vii, dar și a componentelor acestei substanțe. Nu tot ce studiază biofizica este substanță vie, dar are o legătură cu substanța vie. Astfel stau lucrurile cu studiul unor molecule complexe, în sine nevii, cu studiul fizic al vederii, al auzului etc., în care, în mod parțial intervin probleme fizice de sine stătătoare.

Biochimia are drept obiect de studiu, în principiu, chimia substanței vii, dar și a componentelor acestei substanțe, cele mai multe dintre ele fiind, de fapt, nevii, cel puțin cînd sînt izolate.

În esență, aceste două mari discipline fundamentale ale științei contemporane, care se plasează la întretăierea dintre biologie, fizică și chimie, se adresează studiului fizicii și chimiei substanțelor și moleculelor care compun substanța vie în general, deși nu au găsit încă cheia viului. Și este foarte probabil ca în cadrul paradigmelor științei contemporane nici să nu o găsească. Acest lucru nu scade cu nimic meritele acestor științe, cu atât mai mult cu cît ele contribuie la o nouă etapă în știință legată tocmai de explicarea naturii viului.

Pentru studiul nostru, important este faptul că biofizica și biochimia reprezintă fizica și respectiv chimia substanței biologice, adică a acelor substanțe, organizări și structuri care

pot fi vii sau participă în mod intim la substanța vie. Dacă facem o deosebire între *substanța vie* și *substanța biologică*, aceasta se referă la faptul că substanța biologică poate să fie sau să nu fie vie. O enzimă, un ion, o peptidă, o lipidă, pot să nu fie vii, în mod sigur cînd sînt studiate în afara celulei sau organismului viu, dar rămîn în continuare substanțe biologice pentru că pot participa în mod intim la existența substanței vii.

Atunci, ceea ce este biologic poate să fie sau să nu fie viu, dar are în orice caz o legătură intimă cu substanța vie.

Deci,

$$\text{Biologic} = \begin{cases} \text{viu} \\ \text{intim legat de viu} \end{cases} \quad (1)$$

În ultimele decenii s-a constituit și domeniul interdisciplinar al *biomecanicii* [1]. În consens cu biofizica și biochimia, biomecanica reprezintă studiul proprietăților mecanice ale substanței biologice dar, în plus, și a materialelor artificiale care înlocuiesc substanța biologică, cum ar fi cele necesare pentru protezele membrilor unui om. Asemenea materiale, metalice sau plastice, trebuie să fie compatibile biologice.

Acum,

$$\text{Biologic} = \begin{cases} \text{viu} \\ \text{intim legat de viu} \\ \text{compatibil cu viu} \end{cases} \quad (2)$$

Conform înțelesului (2), toate protezele, de orice natură, sînt biologice cînd sînt compatibile cu viu.

Din nefericire, cel mai puțin bine definită, din punct de vedere științific, rămîne *substanța vie* și aceasta este realitatea: astăzi se pot defini *substanțele biologice* în care categorie intră și *substanța vie*. Dar substanțele biologice le definim în raport cu viu! Acesta din urmă este înțeles în linii largi prin anumite comportamente, dar nu este explicat încă din punct de vedere științific. Ajungem însă în situația cînd referirea la comportamentele care caracterizează viu (metabolism, reproducere, creștere etc.) să ridice mari semne de întrebare, deoarece în principiu putem crea automate care să posede asemenea proprietăți. Sînt și ele vii? Un răspuns la o astfel de întrebare nu se poate da astăzi decît

* Institutul Politehnic — București.

din punct de vedere filozofic. De această problemă se ocupă nu numai filozofia, ci și *biologia teoretică* ramură a biologiei care caută să înțeleagă esența și natura viului.

Biologia moleculară oferea o speranță pentru explicarea viului. În anul 1983 — James D. Watson și colaboratorii spuneau : „Avem acum o informație detaliată asupra moleculelor esențiale ale celulei — nu numai asupra unui mic număr de molecule, ci aproape asupra tuturor. În multe cazuri știm structura lor chimică precisă, exact cum sînt constituite și cum se desfac. Știm în termeni generali cum energia chimică alimentează reacțiile biosintetice ale celulei, cum acționează principiile termodinamicii pentru a crea ordine moleculară în celule și cum sînt controlate și coordonate miriadele de schimbări chimice intracelulare care au loc continuu în celulă” [2].

Dar nici biologia moleculară nu a reușit să explice natura viului; totuși a reușit după părerea noastră să justifice un principiu pe care îl considerăm fundamental : *principiul insuficienței cunoașterii structurale a materiei vii* [3]. Dacă pînă la ultimele structuri ale substanței vii, gîndindu-ne că în legăturile care interesează biologia intervin, în ultimă instanță, electronii, nu s-a putut afla nimic despre modul în care ar putea apare gîndurile, sentimentele și ideile, înseamnă că deși structurile atomice și moleculare, inclusiv substructurile lor sînt importante, ele nu explică totul. Cunoașterea lor este insuficientă. Mai intervine ceva. Un alt principiu fundamental, *principiul autoconsistenței materiei* [4] adoptat explicit sau implicit de marea majoritate a oamenilor de știință, selectează din intervențiile posibile în natura materiei vii, numai una singură : o altă formă de materie cu proprietăți mai puțin obișnuite. Aceasta am numit-o *informaterie*. Un mod posibil de a fi al acestei materii este imaginat în lucrări de filozofie [5—7] în contextul unui model ontologic care caută să facă față ansamblului cunoașterii fizice, biologice, mental-psihologice și informaționale. Important este faptul, după cum arată și numele, că informateria trebuie să aibă asemenea *proprietăți informaționale* care să facă posibile stările mentale ale organismelor vii. În lucrările amintite [5—6] s-a presupus un mod posibil în care informateria s-ar putea cupla la un organism viu. Spre a le deosebi de cele structurale, proprietățile informateriei le numim *fenomenologice*. În acest studiu, în legătură cu un anumit tip de calculatoare moleculare, vom sugera anumite posibilități de cuplare structural-fenomenologică, în cadrul unei electronici moleculare teoretice (care s-ar încadra într-o biologie teoretică bazată pe modelul informaterial).

Un alt principiu fundamental, alături de celelalte două prezentate mai înainte, este acela al *existenței unei materii profunde*. Sînt puternice rațiuni filozofice și necesități ale cunoașterii

științifice pentru a justifica acest principiu încît nu vom mai insista. Faptele nu se pot încheia însă în mod armonios, într-o viziune coerentă asupra lumii decît dacă presupunem că informateria este o formă de materie profundă. Cum această formă trebuie să fie prezentă și în conținutul tuturor formelor de substanță din univers și cum numai viul pare să aibă un acces direct la informaterie, rezultă de aici posibilități noi de interacțiune între energie, informație și substanță. Această observație va servi la desprinderea unei etape posibile după aceea a electronicii moleculare.

În fine, alt termen în consens cu cei anteriori (biofizică, biochimie și biomecanică) este cel de *biotehnologie* care se referă la tehnologia substanțelor biologice [8]. În mod similar, modelarea matematică a substanței biologice este numită *biomatematică*.

Construcția acestor termeni compuși urmează o regulă unitară de la care se abate dintr-o dată *bioelectronica*. De data aceasta *nu mai este vorba de electronica substanței biologice*, ci pînă în prezent, de dispozitive de cuplare la substanța biologică pentru obținerea de date și informații sau de dispozitive de cuplare care introduc informații în substanța biologică. În acest studiu vom extinde noțiunea de bioelectronică.

Bionica

Cu peste 25 de ani în urmă a apărut un puternic curent de gîndire prin care se căuta preluarea de către tehnologie a procedeelelor organismelor vii în scopul realizării de dispozitive și sisteme tehnice performante. Astfel a apărut bionica [9, 10] care *urmărește un fel de transfer de tehnologie dinspre organisme vii spre tehnologie*. Acest lucru se referă la procesele informaționale, cît și energetice sau substanțiale. Transferul este posibil cînd se ajunge la un limbaj comun între biologie și tehnologie, ceea ce presupune privirea fenomenelor biologice din punct de vedere tehnic. Astfel a fost studiat, spre exemplu, sistemul sonar al delfinilor. Bionica nu a devenit încă o disciplină, cît un mod de gîndire. În definitiv, inteligența artificială este un transfer bionic al inteligenței omului. Robotul care înlocuiește omul într-o serie de munci este rezultatul unei gîndiri bionice.

În ultimii ani se caută să se construiască calculatoare electronice după modelul constituției neuronice a creierului. Această preocupare care începe să dea roade este uneori denumită *neurobionică* [11], alteori mai modest „rețele de tip neuronal”. Asemenea sisteme se realizează cu circuite electronice uzuale organizate însă după modelul neuronal și desigur se urmărește realizarea lor cît mai compactă printr-un înalt grad de integrare. S-ar putea realiza rețele de tip neuronal în viitor și prin circuite optoelectronice sau optoelectronice. Sistemele neurobionice, care sînt informaționale, pot rămîne în cadrul a ceea

ce vom numi electronică premoleculară sau vor putea fi realizate și în viitor în cadrul electronicii moleculare.

Bionica nu se referă numai la electronică, ci la tehnologie în general. Neurobionica aparține însă electronicii avînd în vedere că este o tehnologie fizico-informațională de tipul electronicii.

In ultimul timp, bionica urmărește scopuri mai ambițioase cum ar fi dizolvarea barierelor dintre știința viului și aceea a artificialului. John Horgan, spre exemplu, afirmă: „Rezultatul poate fi formarea unei discipline noi, fertile, care tratînd sistemele biologice și tehnologice ca fiind asemănătoare într-un mod fundamental, să ducă la progresul ambelor” [10]. Acest punct de vedere al creării unei discipline care să imbine biologicul și tehnologicul este tentantă și interesantă. Fără îndoială că Bionica, astfel înțeleasă, va produce o stimulare intelectuală generală, după cum observă John Horgan. Dacă ținem seama de deosebirea de principiu dintre substanța vie și substanța nevie, credem că bionica va trebui privită prin două mari părți:

A) Tehnologicul actual fiind strict structural, bionica studiază paralelismul dintre viu și tehnologic numai din punct de vedere structural.

B) Biologicul „viu” (Biosul) fiind structural-fenomenologic, bionica studiază și posibilitatea unui tehnologic structural-fenomenologic, adică viu, studiind paralelismele dintre acestea.

Asemănarea fundamentală dintre biologic și tehnologic poate fi înțeleasă fie considerînd un univers numai structural (acest lucru fiind un punct de vedere filozofic încă susținut de mulți oameni de știință), fie un univers, structural-fenomenologic (tot un punct de vedere filozofic, care ne apare din ce în ce mai întemeiat). Asemănarea fundamentală dintre biologic și tehnologic este recunoscută de ambele filozofii, din momentul în care ambele recunosc unitatea materială a lumii. Oricum ar fi, orientarea actuală a bionicii apare întemeiată.

Bionica se va ocupa nu numai de paralelismele dintre biologie și tehnologie, dar și de interacțiunea obiectelor individuale tehnologice și biologice. Este și cazul interacțiunii om-mașină care poate cunoaște multe nivele de abordare.

Bionica nu va fi o disciplină care să cuprindă întreaga biologie și întreaga tehnologie, ci numai acele părți care se referă la paralelismele dintre obiectele biologice și obiectele tehnologice individuale, la interacțiunea lor (fără a cuprinde socialul și ecologicul) și la transferul reciproc de „tehnologii”.

Pentru electronică, importantă este privirea bionicii din punct de vedere informațional. Dacă imitînd structurile fizico-informaționale biologice se obține ceva compatibil cu viul sau, la limită, ceva viu, atunci tehnologicul obținut

este de fapt și biologic. Nu ne putem aștepta prea curînd la asemenea situații, încît se va pune mai curînd problema cuplării tehnologicului informațional la viu printr-o interfață compatibilă cu viul.

Atunci,

$$\text{bionic} = \begin{cases} \text{cuplabil la viu} \\ \text{imită biologicul} \\ \text{viul artificial.} \end{cases} \quad (3)$$

Un organism artificial va fi și bionic și biologic. Dispozitivele fizico-informaționale intermediare din clasificarea [12] din tabelul 1 sînt neapărat bionice.

Fără îndoială că bionica va marca tot mai puternic evoluția electronicii, dar nu ea constituie hotarul dintre o etapă prebionică și o etapă bionică a electronicii. Mult mai importante ne apar etapele premoleculare și moleculare ale electronicii după cum vom căuta să demonstrăm.

Tabelul 1

Clasificarea generală a dispozitivelor fizico-informaționale

Dispozitive fizico- informaționale	Entropice		Structurale	— Electronice — Fotonice : care sînt automate semantice [13] cu inteligență artificială care sînt vii (naturale sau artificiale)
	Antientropice		Intermediare	
			Organismice	

Este interesant de remarcat că Japonia, după ce a lansat proiectul calculatorului din generația V-a bazat pe conceptele inteligenței artificiale, intenționează să lanseze un proiect care să imbine inteligența artificială cu biologia în scopul creării unei a șasea generații de calculatoare*. Se caută convergența studiilor asupra creierului și calculatoarelor, adică exact ceea ce urmărește în general bionica în a doua ei etapă de aprofundare. Din anul 1986 în Japonia se pare că s-a și lansat [14] un program intitulat „biological computing program” (programul de calcul biologic) adică un program de bioelectronică și electronică moleculară. În anul 1985 „Asociația pentru cercetarea și dezvoltarea viitoarelor dispozitive electronice” din Tokyo a organizat o conferință referitoare la „dispozitive electronice, bioelectronice și electronice moleculare” [15].

* După alți autori, a șasea generație de calculatoare ar reveni calculatoarelor optonice (fotonice) și deci calculatoarele folosind bioelectronica și electronica moleculară ar fi a șaptea generație.

Programul de calcul biologic reprezintă însă numai un început. Japonia intenționează să lanseze un program mai ambițios, pe termen de 20 de ani, intitulat „Human Frontier Science Program” (programul științei de frontieră a omului) pentru care se prevăd cheltuieli de 6 miliarde de dolari printr-un efort cu participare internațională. În cadrul acestui program ar urma să se realizeze și calculatorul din noua generație amintit mai înainte. În același timp, un asemenea program ar putea contribui la elucidarea misterului substanței vii și la producerea unei noi revoluții în știință. Acest lucru rezultă și din intențiile inițiatorilor programului pentru care „obiectivul programului este să creeze o nouă paradigmă pentru știință și tehnologie capabilă să armonizeze omeniirea cu natura”. Nu mai rămâne decât să se găsească o cale și pentru armonizarea omeniirii cu omeniirea, care alături de armonizarea omeniirii cu natura să ducă la o civilizație socio-umană.

În încheierea acestui paragraf vom aminti că alături de termenul *bionică* au apărut, în special în literatura franceză, termeni ca *biologica* și *biomatica*. Acești termeni, în general, se încadrează în noțiunea de *bionică* într-un mod mai mult sau mai puțin cuprinzător.

Bioelectronica

Dacă *bionica* este o noțiune importantă în știința și tehnologia contemporană, atunci, prin definiție, vom căuta să înțelegem *bioelectronica* în lumina bionicii:

Bioelectronica = bionica aplicată electronicii. (4)

Această definiție nu se plasează în linie cu biofizica, biochimia, biomecanica și biotehnologia.

Bionica oferind un punct de sprijin sigur este mai ușor să fie conturat domeniul bioelectronicii.

Bioelectronica fiind bionica electronică, cuprinde tot ceea ce este *cuplabil* la materia vie (mai mult sau mai puțin compatibil) și tot ceea ce imită biologicul (mai mult sau mai puțin viu după cum am văzut prin înțelesul (1) sau (2)).

În literatură, domeniile luate în considerație pentru a fi cuprinse în bioelectronică sînt următoarele:

1. *Dispozitivele bioelectronice* care cuprind două clase mari: *biosenzorii* (captează informații asupra substanței biologice) și *biocipurile* (introduc sau extrag informație din substanța biologică, în special în și din sistemul nervos). Prima clasă de dispozitive a părăsit laboratoarele trecîndu-se la fabricația industrială. În anul 1985 aproape 100 de întreprinderi și institute lucrau în SUA în domeniul biosenzorilor [16]. Dacă informațiile asupra biosenzorilor sînt ceva mai bogate [16, 17, 18, 24], în schimb asupra biocipurilor, probabil și datorită dificultăților

mai mari de a le realiza și folosi cu succes, sînt mult mai sumare [19]. Unii autori reduc bioelectronica numai la domeniul dispozitivelor, deci numai la dispozitivele care cuplează electronica la substanța biologică pentru transmiterea sau culegerea de informație. Acest înțeles al bioelectronicii este înțelesul foarte restrîns.

2. Folosirea *semiconductorilor organici* (polimerilor) pentru realizarea de dispozitive și circuite electronice. Întrucît polimerii cunoscuți inițial au fost cei biologici, se poate spune că polimerii organici semiconductori imită într-un fel polimerii biologici și atunci dispozitivele și circuitele bazate pe semiconductorii organici, conform principiilor bionicii, se înscriu în bioelectronică. Un asemenea punct de vedere, de cuprindere a semiconductorilor organici în bioelectronică, îl prezintă prof. Ruge de la catedra de circuite integrate de la Universitatea tehnică din München [20]. În ultimii ani, cu ajutorul unor polimeri s-a obținut într-o soluție electro-litică un efect de tranzistor [21, 22, 23]. Domeniul este numit de autori [22] drept „electronică macromoleculară” deși mai curînd este vorba de diode și tranzistori chimici, utilizînd, este drept și macromolecule. Ceea ce caracterizează electronica macromoleculară, dacă adoptăm acest termen, este tendința de a obține efectiv dispozitive electronice cu ajutorul macromoleculelor. Electronica macromoleculară, inclusiv a semiconductorilor organici, urmărește crearea de *dispozitive electronice macromoleculare* și deci se înscrie foarte bine alături de aceea a dispozitivelor bioelectronice de la punctul 1, făcînd parte din bioelectronică, în general. Însușind dispozitivele și circuitele de la punctul 1 și 2 se obține înțelesul restrîns al bioelectronicii.

3. Unii autori includ și *electronica moleculară* în bioelectronică. Prin ceea ce imită, într-un sens foarte larg, procese informaționale din substanța biologică, lucrul acesta apare îndreptățit. Dacă însă pot fi utilizate procese moleculare urmărind cu totul alte căi de prelucrare fizico-informațională decît cele din biologie, atunci o asemenea parte a electronicii moleculare nu ar mai putea fi cuprinsă în bioelectronică decît în mod convențional. În momentul în care se va putea obține substanță artificială vie, electronica moleculară va face un pas înainte devenind electronica unor molecule vii, pe care o numim după Yoneji Masuda, *electronică organismică*. Această electronică se înscrie fără îndoială în bionică și deci poate fi încadrată în bioelectronică. Adăugînd electronica moleculară și electronica organismică la celelalte domenii — punctul 1 și 2 — ale bioelectronicii, se obține înțelesul larg al bioelectronicii.

4. *Neurobionica* aparținînd, după cum am văzut, electronicii, de aceea uneori se mai numește și *neuroelectronică*, cade în mod ine-

vitabil sub incidența definiției (4), indiferent de dispozitivele pe care le utilizează, fie electronice, fie bioelectronice în sensul larg al bioelectronicii.

Definiția (4) oferă *înțelesul complet* al bioelectronicii care cuprinde toate cele patru domenii menționate mai înainte.

Avem deci de ales între a defini bioelectronica prin bionică sau nu. Dacă nu acceptăm definiția prin bionică atunci bioelectronica se poate reduce la definirea ei în înțeles foarte restrâns, adică numai la dispozitivele bioelectronice de cuplaj între biologic și electronic.

Dacă acceptăm definiția prin bionică, atunci trebuie să cuprindem în bioelectronica toate domeniile de la punctul 1—4 de mai sus.

În ambele cazuri, bioelectronica nu caracterizează în mod net o perioadă sau o eră a electronicii. Definiția *foarte restrânsă* se referă la un domeniu destul de particular al electronicii, definiția totală (celelalte definiții intermediare se elimină căci nu se încadrează într-un criteriu bine definit) cuprinde atât electronică premoleculară cât și electronică moleculară. Mai curînd putem vorbi de o eră a electronicii *pre-moleculare* și de o eră a *electronicii moleculare și post-moleculare*, distincte între ele, după cum se arată în tabelul 2. Bioelectronica în sens total înglobează etape din ambele ere ale electronicii și constituie un punct de vedere paralel față de liniile principale structurale și funcționale ale electronicii.

Biosenzori

Un biosenzor [16, 17, 24] transformă un parametru sau proces biologic (deci parametrii fizici și chimici) într-un semnal electronic. Echivalentul natural al biosenzorului este bioreceptorul care produce o conversiune de semnal necesară organismului viu. Biosenzorul urmărește determinarea în *timp real* a pH-ului, glucozei, oxigenului, bioxidului de carbon etc. din țesuturile vii, a gazelor, electroliților, metaboliților și altor substanțe, spre exemplu din sânge. Biosenzorii acționează *in vivo* dar și *ex vivo* sau *in vitro*. Un biosenzor determină direct prezența sau concentrația anumitor substanțe, înlocuind analize chimice care ar putea dura, în cele mai bune cazuri, între 20' și 1 oră.

Structura generală a unui biosenzor este schițată în figura 1. Există o varietate de biosenzori :

- cu electrozi sensibili la ioni [25, 26];
- termistor enzimatic (măsurînd temperatura anumitor reacții enzimatic pe care le pune astfel în evidență [17]);
- dispozitive BIOFET (BIOTEC în limba română);
- cu fibre optice (cu OPTROD [16]) și optoelectronici λ ;

— probe ADN (care determină caracteristici genetice [16]).

În cazul biosenzorilor BIOFET, care sînt tranzistori biologici cu efect de cîmp, se cunosc cîteva clase :

- CHEMFET, senzor sensibil la substanțe chimice ; ISFET sensibil la ioni în mod selectiv ;
- ENFET, sensibil la enzime.

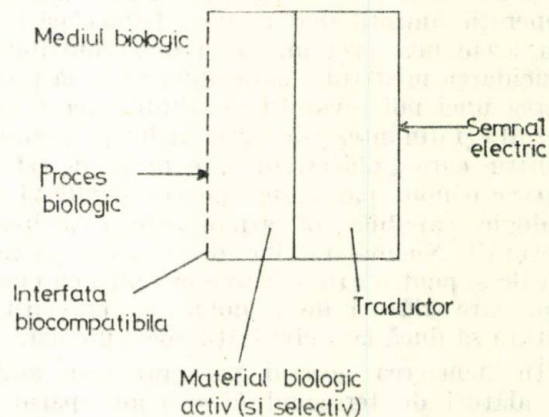


Fig. 1.

Bergveld, acum 15 ani, comunică un senzor realizat prin eliminarea porții metalice a unui tranzistor MOSFET, lăsînd liber oxidul pentru a veni în contact cu soluția chimică de cercetat. Dispozitivul s-a dovedit, evident, sensibil la ioni [27]. Apoi s-a introdus o membrană selectivă care lăsa să pătrundă la suprafața oxidului numai anumiți ioni [28].

Senzorii pe bază de tranzistoare MOS pot utiliza o membrană artificială selectivă, sub care se găsește un agent activ (un electrolit sau enzime, anticorpi, celule, molecule complementare). Agentul activ este plasat deasupra oxidului structurii MOS în locul porții clasice. Membrana este o membrană tehnică, tehnologia acestora găsindu-se în mare progres [29]. Reacția cu enzime a moleculelor selectate de membrană produce prezența unei sarcini electrice pusă imediat în evidență de tranzistorul MOS.

Biosenzorii ISFET pentru determinarea pH-ului sînt utilizați în clinici [24], iar o gamă largă de biosenzori pentru diferite determinări sînt în fază experimentală de laborator și clinică.

Unii biosenzori pot fi sensibili la virusuri, spre exemplu la virusul hepatitei B. Alții pot determina conținutul de ioni de Ca, K, Na, H dintr-un mediu biologic. Sensibilitatea acestor biosenzori se dovedește remarcabilă avînd în vedere efectul de amplificare al tranzistorului MOS.

Biochipuri

Întrucît biocipul presupune utilizarea unui circuit electronic integrat (deci microelectronice) cuplabil la substanța vie, acest lucru poate fi realizat atît pentru introducerea de informație, în special în sistemul nervos, la care un circuit

Tabelul 2

Etapale electronicii

Era	Structuri	Funcțiuni	Bioelectronica
Electronica premoleculară	Tuburi electronice (1904)	Funcțiuni electronice elementare	
	Tranzistori (1947)		
Electronică moleculară și post-moleculară	Microelectronica (1958) CI (1958) MSI (1965) LSI (1970) VLSI (1978) WSI (1984) ULSI, inclusiv 3D (...)	↑ Funcțiuni convenționale ↓	↑ Funcțiuni de inteligență artificială și robotice ↓
	Fotonica Supraconductibilitatea		
	Electronica moleculară (estimare ~ 2000)	Inferențe globale →	Biotranzistori
	Electronica organismică	Intuiție, creativitate →	Biocipuri
	Electronică informaterială	Comunicare informaterială	Neurobionica
		Efecte antientropice	Electronică macromoleculară
			Electronică moleculară
			Electronică organismică
			Comunicație informaterială

CI = circuite integrate; MSI = integrare pe scară medie; LSI = integrare pe scară largă; VLSI = integrare pe scară foarte largă; WSI = wafer scale integration = integrare pe plachetă; ULSI = integrare pe scară ultra largă; 3D = circuite tridimensionale.

VLSI sau ULSI ar putea oferi o preprocesare adecvată, dar și pentru extragerea de informație din sistemul nervos. În acest caz biocipul ar putea fi un periferic de intrare/ieșire pentru calculatoare electronice și în același timp pentru om [19]. Ce s-ar putea obține printr-un asemenea cuplaj direct între om și calculator? Pe de o parte, proteze, spre exemplu, pentru vedere prin cuplaj direct la sistemul nervos, eventual la scoarța creierului în zona vizuală [30], pe de altă parte, o conlucrare directă creier-calculator despre care nu știm la ce performanțe ar putea ajunge. Se propune chiar de a se trece la constituirea unor biocipuri cu posibilitatea de a stabili legături diverse între elementele componente proprii cu scopul de a manifesta fenomene cooperative care să ducă la producerea unei funcțiuni sau alteia [19].

Un biosenzor cu o electronică mai complicată ar putea fi, după unii autori, încadrat în categoria biocipurilor, însă, după alți autori nu este cazul, deoarece biosenzorul trebuie să rămână un tip de dispozitiv similar bioreceptorilor naturali [31].

Electronică macromoleculară. Electronică molecular-chimică

Electronică macromoleculară implică macromoleculele, ca atare sub forma polimerilor [32] sau imersați într-un mediu lichid [22, 23].

Se știe că o serie de polimeri pot prezenta proprietăți metalice sau semiconductoare. Gama acestora este într-o continuă extindere. Spre exemplu, poliacetilena ($\text{CH}=\text{CH}$)_x și polimerul (SN)_x pot forma bariere Schottky și acționa ca celule solare. Până în prezent nu s-au obținut totuși rezultate care să fie utilizate tehnologic: „Din examinarea mărimii conductivității polimerilor conductori cunoscuți în prezent ... este evident că ei nu vor înlocui cuprul sau metalele clasice. În cele mai multe aplicații, dacă ei vor deveni materiale practice în loc de curiozități de laborator, utilitatea lor va fi găsită, cel mai probabil într-o împletire unică a caracteristicilor electronice, mecanice și de procesare. Într-adevăr, polimerii conductori trebuie să fie considerați, cel mai bine, nu drept competitori ai metalelor și semiconductoarelor clasici, ci ca oferind oportunități pentru aplicații noi” ... [33].

O asemenea posibilitate o oferă polipirolul care poate fi folosit ca electrod [34, 35]. Filmele de polipirol sint ușor de preparat și sint stabilite.

Pe bază de polipirol s-a realizat ceea ce se poate numi un tranzistor electrochimic sau tranzistor chimic [36, 22, 23]. Una din variantele tranzistorului chimic cu polipirol este schi-

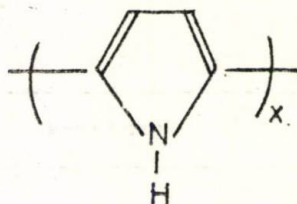


Fig. 1a

țată în figura 2. La o variație de 0,5 V a potențialului V_G , rezistența polimerului variază cu 6 ordine de mărime.

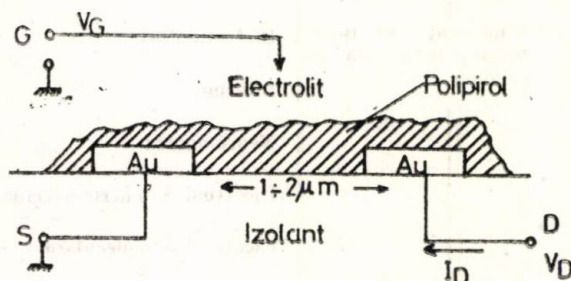


Fig. 2

În figura 3 sunt prezentate caracteristicile tranzistorului chimic. În figura 3 a. curbele punctate reprezintă caracteristicile de întoarcere care, în actualul stadiu, nu coincid cu cele de ducere (de creștere a potențialului dreniei).

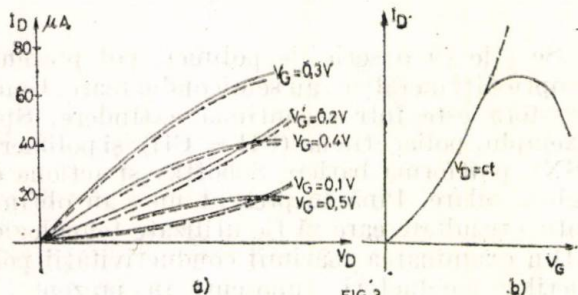


Fig. 3

Caracteristica $I_D = f(V_G)$ din figura 3 b este mult diferită față de aceea a tranzistorului MOS clasic având în vedere atingerea unei valori maxime a curentului de drenă și apoi micșorarea acestui curent. Se prevede aplicarea unui astfel de tip de tranzistor la detectarea și amplificarea semnalelor chimice, deci ca interfață chimico-electronică. Deocamdată este un dispozitiv de laborator.

Domeniul diodelor și triodelor chimice care exploatează proprietățile electrice și ionice ale microstructurilor polimerice active este denumit *electronică macromoleculară*: „Cu toate că electronica macromoleculară se găsește la un nivel rudimentar, conceptele implicate sînt noi și prin dezvoltări continue poate duce la aplicații practice... O prioritate în acest domeniu,

pentru cei interesați în aplicații practice, va fi dezvoltarea unei varietăți mai mari de materiale robuste, cu o bună comportare electroactivă pentru a fi utilizate în microstructuri” [37].

Diode chimice și triode chimice se pot realiza și cu *electrozi clasici* nu numai cu electrozi polimerici sau prin mediu polimer-lichid. Domeniul diodelor și triodelor lichide este denumit, spre exemplu, de N.S. Lidorenko, drept *electronică moleculară* [38]. Problema de fond este aceea a transportului de sarcină electrică în mediu lichid și mai ales la interfața dintre faza lichidă și faza solidă. Aceste dispozitive, în mod firesc, sînt mai apropiate de procesele biologice care au loc de regulă în mediu lichid. Electronica moleculară, cu înțelesul de electronică chimică, se bazează pe procese diferite de cele care au loc în corpul solid și stau la baza electronicii semiconductorilor. De aceea *electronica moleculară chimică* se bazează pe un alt corp de cunoștințe [38] iar dispozitivele ei vor suplimenta, pentru o gamă largă de aplicații în biologie, biotehnologie și chimie, dispozitivele electronice de tip clasic. Trebuie însă să avem în vedere că întrucît în dispozitivele chimice ionii joacă un rol important, vitezele acestor dispozitive vor fi lente, ceea ce nu le va face utilizabile pentru procesări informaționale rapide. Cu toate acestea, rolul lor poate deveni destul de major în viitor.

Neurobionica (Neuroelectronica)

După cum am mai arătat, neurobionica are drept obiectiv realizarea de sisteme de prelucrarea informației după modelul sistemului nervos și al creierului. Este evident că neurobionica nu poate cuprinde, prin nici un fel de analogie, atît evenimente care ar putea avea loc la nivel molecular prin molecule biologice (proteine și în special enzime), cit și evenimente fenomenologice. Cu alte cuvinte, neurobionica modelează singura categorie sigură de procese cunoscute din sistemul nervos și anume *rețelele neuronice*, și, mai recent puse în evidență, *rețelele dendritice*. Modelarea se face cu circuite electronice integrate obișnuite, avînd un grad cît mai înalt de integrare. Aceste circuite modelează circuitele neuronice și circuitele dendritice producînd procesări de informație care beneficiază de o ridicată interconectivitate a elementelor de procesare, cu paralelisme în procesare.

Structurile neurobionice se bazează pe modelarea electronică a neuronilor [11]. Prin rețea neuronica se înțelege o rețea *extinsă* de neuroni, ceea ce se numește astăzi o *rețea nelocală*. În ultimul timp s-a constatat că arborele dendritic al unui neuron constituie o *rețea locală* de prelucrare a informației. Uneori o asemenea pădure de dendrite poate fi comună (în parte) la cîțiva neuroni. *Neuronul* pare să fie atunci similar

cu un circuit LSI (analogic) cu mii de unități elementare de procesare, mai curînd decît o poartă logică [39]. De configurația ramurilor dendritice, de dimensiunile și conectivitățile lor depinde procesarea semnalelor de la intrare. Se ajunge la concluzia că unitatea de prelucrare a informației nu mai este neuronul în întregime, ci anumite porțiuni ale lui (în cadrul conceptului de rețea locală): „În legătură cu aceasta, funcțiile rețelelor nelocale sînt secundare în raport cu informația prelucrată în prealabil în rețele locale” [40]. Rolul axonului neuronului este acela de a transmite informația mai departe. Uneori, la un anumit neuron, nici nu este obligatorie transmiterea de informație prin axon dacă el își îndeplinește rolul într-o structură locală de prelucrare a informației. Într-un nod dendritic, ca cel din figura 4, după rapoartele diametrelor celor trei ramuri se poate obține una din funcțiunile logice NU, SAU sau ȘI. Există o mare varietate de structuri dendritice care pot executa variate funcțiuni aritmetice și logice. Verificarea pe calculator a acestor posibilități prin modelarea dendritelor este pozitivă și convingătoare [11].

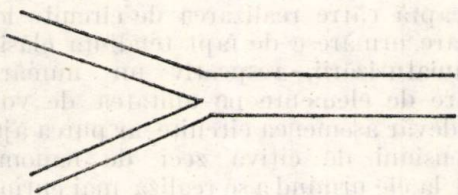


Fig. 4

Neurobionica urmărește nu numai realizarea de calculatoare electronice generale, ci și calculatoare specializate pentru funcțiuni similare omului: comanda mișcărilor, vedere, auz, simț tactil etc., încercînd să copieze structurile respective din sistemul nervos și creierul omului, prin elemente analoage celor naturale [11, 41]. Lucrurile nu sînt însă chiar atît de simple. Spre exemplu, sistemul auditiv al omului are șase straturi. Primul este urechea, organul de intrare, ultimul este scoarța auditivă care are 10 000 000 de neuroni. Cele patru straturi intermediare de neuroni la care se mai adaugă două straturi colaterale (pe parcurs) au în jur de 1 000 000 de neuroni [11]. Se constată că 1 000 000 de neuroni pregătesc ceea ce este necesar pentru 10 000 000 de neuroni de pe scoarță. Dacă ținem cont și de dendrite, cu rețelele lor locale, este evident că modelarea cu componente electronice poate duce la necesitatea unui număr de cel puțin cîteva zeci de milioane de componente (adică la ceea ce ar corespunde astăzi unui cip de memorie de 16 Mb realizat experimental în anul 1987) dar care ar putea ajunge la sute de milioane de componente sau mai mult în cazul unei bogății dendritice mai mari. Dacă intervin

și prelucrări moleculare în interiorul neuronilor atunci modelarea nici nu ar putea fi realizată. Dacă am presupune că prelucrările moleculare intervin numai în scoarța auditivă, atunci am putea modela electronic numai straturile neuronice anterioare ei. Acest lucru ar putea fi util pentru anumite comportamente automate ale sistemului nervos la stimuli auditivi, cum ar fi precizarea direcției din care vine un sunet, dar nu pentru pregătirea faptului de conștiință, al auzului, legarea lui de limbaj și de structurile semantice ale creierului, ca să nu mai amintim de aspectele fenomenologice generatoare de sensuri mentale.

Dacă s-ar modela electronic, după cum se intenționează, o serie de procese care se petrec automat în organismul biologic complex s-ar face un mare pas înainte în neurobionică (sau neuroelectronică).

În momentul de față cercetările cele mai avansate au loc în direcția realizării unor noi procesoare bazate pe principiile interconectivităților dendritice și neuronice. Se pare că în această direcție se obțin progrese importante. Rețelele electronice și optice de tip neuronice reușesc să realizeze funcțiuni de memorare asociativă, codificări și decodificări, cuantificare vectorială pentru compresia masivă a imaginii etc. Din laboratoarele de cercetare (Jet. Propulsion Laboratory de la California Institute of Technology și ATT Bell Laboratories) încep să apară circuite neurobionice cu posibilitatea de a fi utilizate în practică [42]. Se raportează că s-ar fi obținut rețele optice neuronice pentru înțelegerea limbajului natural, fără însă de a se oferi alte detalii [42].

Am putea rezuma observînd că în domeniul procesării informației s-au conturat puternic două direcții, *structurile paralele* și *structurile neurobionice*, despre care într-un raport recent se afirmă următoarele: „accesul este pus pe arhitecturi paralele pentru calculatoare deoarece procesoarele convenționale seriale pot să mai aducă numai creșteri incrementale în performanțe în timp ce calculatoarele optice și rețelele neuronale pun încă cercetătorilor prea multe chestiuni fundamentale...” [43].

Deci, calculatoarele cu procesoare în paralel sînt de fapt la ordinea zilei.

Credem că neurobionica sau rețelele neuronice sau neurobionice prezintă trei probleme fundamentale:

I) a structurilor sub formă de rețea, care constituie de fapt obiectul neurobionicii de astăzi;

II) a eventualelor structuri moleculare care prelucreză informație în neuronii reali și care nu au putut fi luate încă în considerație de neurobionică (efecte de tip Conrad, vezi paragraful Electronica moleculară);

III) fenomenele mentale din materia vie care ar putea interveni în procesările informaționale,

ceea ce ar depăși neurobionica structurală transformând-o într-o neurobionică structural-fenomenologică.

Problemele II și III ale neurobionicii vor duce la îmbinarea acestui subdomeniu cu electronica moleculară și electronica organică.

Dacă însă neurobionica se va restrânge numai la problemele de tip I, atunci ea are o gamă largă de posibilități de progres imediat, ceea ce se constată și într-o serie de laboratoare după cum am mai menționat mai înainte.

Electronica moleculară

Termenul de electronică moleculară a apărut prima oară odată cu apariția circuitelor integrate când s-a crezut că introducerea de impurități în semiconductori reprezintă deja un nivel tehnologic molecular. Entuziasmul momentului a dus la termenul de electronică moleculară la care însă rapid s-a renunțat, în mod justificat, pentru a fi reluat mai târziu când s-au conturat cu adevărat speranțe privind realizarea de funcțiuni electronice și informaționale la nivel molecular.

Astăzi, electronica moleculară se conturează în două direcții principale, nici una pînă în prezent neconducînd la rezultate concrete aplicabile în practică, din ceea ce cunoaștem pînă în prezent. Aceste două direcții sînt următoarele:

a). Obținerea de funcțiuni electronice clasice prin folosirea proprietăților fizice ale moleculelor mai mult sau mai puțin complexe.

b). Obținerea de prelucrări informaționale cu totul noi, pe care nici electronica premoleculară și nici electronica moleculară în sensul de la punctul (a) de mai sus nu le pot realiza.

În timp ce electronica moleculară (a) apare ca o extindere a electronicii premoleculare la nivel molecular (vom observa că o anumită întrepătrundere cu electronica macromoleculară este inevitabilă), electronica moleculară (b) reprezintă un drum cu totul nou, potențial, *inspirat* de recunoașterea moleculară între proteine și alte molecule (inclusiv proteine) în substanța vie.

I. Oveșchin [44] denumesc electronica moleculară în sensul (a) cu un nume prescurtat folosit cu mulți ani în urmă: moletronică. Pentru el moletronica se ocupă cu dispozitive în care molecule individuale și complexe moleculare realizează funcțiunile unor componente electronice.

Astfel,

— *redresarea*: un capăt al moleculei este acceptor în sensul că poate căpăta ușor un electron, iar celălalt capăt al moleculei este donor întrucît cedează ușor un electron. Atunci curentul nu poate circula decît într-un singur sens, de la capătul acceptor către capătul donor. Autorul remarcă totuși că este greu de realizat un asemenea dispozitiv întrucît pot apare interacțiuni

donor-acceptor, la care se adaugă dificultatea conectării la asemenea dispozitive;

— *memorarea*: absența sau prezența unui electron în exces la o moleculă poate fi o stare logică 0 sau 1. Comutarea unei molecule poate fi foarte rapidă, chiar de 10^{-15} s;

— *oscilația*: unui polimer liniar lungi (cu lanț lung) au proprietăți rezonante. Dacă un fascicul al unui laser de ioni perturbă densitatea de sarcină a lanțului molecular la unul din capetele acestuia, unda indusă se propagă în cîmpul lanțului, de aici se reflectă înapoi ș.a.m.d. Molecula poate rezona în gama $10^{13} - 10^{14}$ Hz și ar putea fi utilizată ca generator pentru asemenea frecvențe.

Alături de memorare, lucrul cel mai important de obținut prin electronica moleculară (a) îl constituie funcțiunile logice și aritmetice, deci echivalentul circuitelor logice din electronica premoleculară. Se pare însă că natura nu a procedat în acest mod. Nu găsim o electronică de tip clasic la nivel molecular în substanța vie. Aceasta nu înseamnă că nu se vor realiza circuite logice la nivel molecular, dar natura le-a realizat mai curînd la nivelul rețelelor locale dendritice și rețele de neuroni. Eforturile care se îndreaptă către realizarea de circuite logice moleculare urmăresc de fapt tendința clasică a microminiaturizării, respectiv un număr cît mai mare de elemente pe unitatea de volum, și într-adevăr asemenea circuite ar putea ajunge la dimensiuni de cîteva zeci de nanometri, cuplajul la ele urmînd a se realiza mai curînd pe cale optică. Ar fi cazul unei integrări pe scară uriașă /45/.

Michael Conrad, partizan al electronicii moleculare tip (b), remarcă despre electronica moleculară de tip (a) adică despre moletronică: „Problema implementării unei arhitecturi convenționale (pentru un calculator de tip von Neumann, n.ns.M.D.) este aceea că moleculele biologice, datorită formei lor complexe, nu conduc electroni în mod eficient. Totuși circuitele moleculare care sînt cu ordine de mărime mai mici sau mai dense decît circuitele integrate constituie un punct major de atracție” [46].

Scopul electronicii moleculare de tip (a) este să producă un calculator de structură clasică, fie de tip von Neumann, fie de tip non-von Neumann, bazat pe chimia carbonului. [47].

Michael Conrad consideră că cele două tipuri de electronici moleculare, deși divergente, trebuie să fie privite drept complementare. Pentru el, electronica moleculară de tip (b), „motivată de biologie, caută să repete puternicele capacități informaționale ale sistemelor biologice cum ar fi recunoașterea formelor și obiectelor, autoorganizare și autoînvățare și utilizarea efectivă a paralelismului” [48], ceea ce se obține greu prin calculatoarele actuale și evident prin cele moleculare de tip (a), care pre-

zintă totuși avantajul, în comparație cu circuitele electronice, de a fi mult mai compacte, cu capacități mari de memorare și poate mai rapide.

Vom numi electronică moleculară (b) drept *electronică moleculară de tip Conrad*. Deocamdată este cazul unei electronici moleculare teoretice, care s-ar putea încadra foarte bine și în biologia teoretică. În esență, pornind de la teza unei echivalențe între procese fizice și procese de calcul se presupune că orice proces fizic reprezintă și un calcul [49]. Deci și recunoașterea între două molecule biologice poate fi echivalentul unui calcul. Numai că această recunoaștere reciprocă datorită conformației tridimensionale a moleculelor biologice (în special a enzimelor și moleculelor substrat) va reprezenta un calcul sau o procesare informațională, echivalentă cu un mare număr de instrucțiuni sau pași clasici de procesare, printr-un singur proces fizic. Este ca și cum un întreg program efectiv de calcul ar fi concentrat, într-un sens scurtcircuitat, dar realizat printr-o singură operație. Ce fel de prelucrări informaționale pot efectua asemenea recunoașteri moleculare? Acest lucru trebuie experimentat și, mai mult decât atât, este posibil folosind principiile biologiei să se recurgă la procese de evoluție pentru a ajunge la procesări informaționale dorite.

Michael Conrad, examinând cele două tipuri de calcule, tipul clasic supus teoriei actuale a calculului (teoria computației) pentru care noțiunea de calculabilitate efectivă (pas cu pas, astfel cum procedează mașina Turing, modelul computațional efectiv cel mai general) este esențială și tipul de calcul molecular (b) care implică găsirea unei soluții prin variație și selecție de tip evoluționist, afirmă un principiu fundamental pe care îl vom numi *principiul lui Conrad*: „Un sistem nu poate fi în același timp programabil efectiv, supus evoluției prin variație și selecție, și eficient computațional” [49]. Cu alte cuvinte, autorul principiului afirmă *deosebirea* dintre calculul clasic efectiv și calculul molecular Conradian. *Asemănarea* dintre aceste calcule are la bază o interpretare „tare” a tezei lui Turing-Church despre calculabilitatea efectivă și anume extinderea acestei teze de la domeniul logic și matematic la întreaga realitate fizică (structurală, atragem atenția). Conrad afirmă că „orice sistem sau procesor realizabil fizic trebuie să fie efectiv calculabil” (computabil) [49]. Deci, orice proces fizic este echivalent cu o computație și s-ar putea ca „actuala noastră preferință pentru procese simple de comutare să fie atribuită dorinței noastre de a exercita un control precis asupra computației” [49]. Dar s-ar putea să avem și alte primitive computaționale decât cele de comutare. Este tocmai ceea ce sugerează calculul molecular de tip Conrad, calculul prin forma moleculelor care se recunosc. În acest caz nu mai este nevoie

de programare, ci de găsirea unei adaptabilități evoluționare la anumite tipuri de procesări informaționale dorite, din gama posibilului pentru astfel de procesări. Conrad se gîndește, pentru o primă etapă la sensori care văd configurații, simt suprafețe, avînd o preprocesare inteligentă, și care ar putea transmite la ieșire semnale digitale pentru calculatoare convenționale [49].

În figura 5 se prezintă principiul teoretic al unui procesor molecular de tip Conrad [46]. Moleculele receptoare la excitația unei configurații eliberează molecule mesagere care, după unele prelucrări, sînt citite de enzime care produc semnalul de ieșire. Moleculele utilizate într-un asemenea sistem pot fi obținute prin inginerie genetică. Unii autori se gîndesc chiar la manipularea genetică a bacteriilor pentru a produce direct unele asemenea structuri [50].

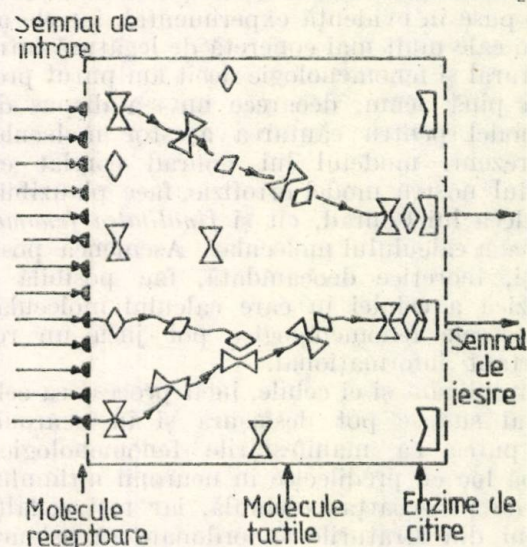


Fig. 5

Electronica organismică

Electronica moleculară de tip Conrad are la bază o serie de idei teoretice plauzibile. Această electronică moleculară este structurală — ca și aceea de tip (a) —, în ea nu intervin procese fenomenologice de sens, ca în mintea omului și în general în organisme vii.

Să presupunem că fenomenele de sens sînt o realitate, ceea ce cu greu ar mai putea fi negat. Și să presupunem că fenomenele de sens se petrec prin cuplarea la o moleculă de ADN a unei introdeshideri informateriale [6]. Această cuplare se face probabil din motive topologice, iar trezirea de noi senzori decât acela al unității organismului viu, ca sens fundamental, s-ar putea produce prin variate modificări geometrice ale ADN. Este știut că există enzime care taie ADN pentru multiplicare sau proteine

care se cuplează la ADN pentru a bloca temporar funcționarea anumitor gene. De ce oare, de exemplu, în organismul monocelular, nu ar exista și molecule informaționale care grefindu-se pe ADN să producă prin interacțiune cu introduschiiderea informaterială variate sensuri legate de viața organismului în mediul înconjurător și chiar de viața lui internă. Există o anumită evidență experimentală a unui comportament unitar, uneori similar organismelor superioare, la animale monocelulare, evidență constatată de biologi. Ar fi atunci posibil că în asemenea celule să aibă loc prelucrări informaționale moleculare de tip Conradian și care în ultimă instanță să ducă la molecule de proteine care grefindu-se pe ADN să determine prin schimbări topologice un sens informațional sau altul. Avem impresia că moleculele informaționale au șansa să fie puse în evidență experimental, iar ele ar oferi o cale mult mai concretă de legătură între structural și fenomenologic decât am putut prevedea pînă acum, deoarece nu s-a dispus de un model pentru căutarea acestor molecule. În prezent, modelul lui Conrad corelat cu propriul nostru model ortofizic, face plauzibilă atât ideea lui Conrad, cât și *finalitatea fenomenologică* a calculului molecular. Asemenea posibilități, teoretice deocamdată, fac posibilă o ortofizică a celulei în care calculul molecular și procesele fenomenologice pot juca un rol important informațional.

Neuronii sînt și ei celule, încît procese ca cele de mai sus se pot desfășura și în neuroni. S-ar putea ca manifestările fenomenologice să aibă loc cu predilecție în neuronii ultimului strat de pe scoarța cerebrală, iar toți ceilalți neuroni din straturile subordonate să asigure prelucrarea informațională prealabilă prin rețele dendritice locale, rețele nelocale și computații moleculare cu *finalitate structurală*.

Considerațiile de mai sus vizează atât biologia, cât și o viitoare electronică organismică, în care substanța vie prelucrează informația cu sens mental, avînd posibilitatea unei funcționări intuitive și creative, pe lîngă funcționarea structurală. Teoria organismelor abstracte, simple și complexe, schițată anterior [13] [51][52] ar putea ține seama în detaliile ei și de intervenția unui calcul molecular Conradian, între structuralul rețelilor și fenomenologicul sensurilor.

Numai după ce s-ar consolida o ortofizică a celulei și o electronică organismică sau s-ar deschide calea experimentală a acestora se va putea pune și problema unei *electronici informateriale*. Pînă atunci, acesta din urmă, din punct de vedere teoretic, ar putea ține cont de cunoștințele științifice pe care le-ar putea oferi parapsihologia, deși calea electronicii organismice ar putea deveni mult mai firească, mai obiectivă și mai fructuoasă, deoarece s-ar cons-

trui instrumente externe minții omului pentru comunicări informateriale.

Concluzii

Trecerea în revistă a problemelor bioelectronicii și electronicii moleculare, astăzi și în perspectivă, odată cu intenția de a sistematiza domeniile acestora, a condus la două constatări generale :

a) Electronica moleculară se va înscrie ca o etapă a electronicii care urmează electronicii premoleculare bazată pe tuburi cu vid, cu gaz și cu corp solid, trăsătura de unire între aceste electronici fiind de ordin funcțional (nu vor mai fi utilizate dispozitive electronice, ci molecule care pot asigura aceleași funcțiuni, nu atât electronice, și funcțiuni externe, generale informaționale);

b) Bioelectronica este bionica aplicată electronicii, atât electronicii premoleculare, cât și electronicii moleculare. Cum însă cea mai mare parte a electronicii moleculare se conturează a fi bionică, bioelectronica pare a cuprinde și electronica moleculară.

În timp ce *bioelectronica* se găsește în plină dezvoltare (biosenzorii au ajuns în pragul industrializării, iar neurobionica avansează destul de promițător în ultimii ani), *electronica moleculară* se găsește încă în stadiul teoretic. Mai avansată din punct de vedere experimental este electronica molecular-chimică și într-o anumită măsură unele aspecte ale electronicii macromoleculare.

Bioelectronica în înțelesul ei complet, va rămîne strîns legată de biologie și de bionică, iar din biologie în special de biochimie, biologie moleculară și neurobiologie. Nu este exclus ca electronica moleculară să sugereze biologiei mai multe modele pentru funcționarea informațională a materiei vii și să contribuie, prin aceasta, la progresul însuși al biologiei. În definitiv, din punct de vedere științific, misterul materiei vii încă rezistă eforturilor științei de a-l dezvălui. Dacă „Ortofizica” reprezintă o punte filozofică spre adevăr, bioelectronica și electronica moleculară se pot înscrie pe această punte.

Ce ar trebui să facem în țara noastră pentru bioelectronică, electronică moleculară și post-moleculară, cum anume, cu ce fel de specialiști, aceasta este o problemă care ar putea fi examinată cu o anumită atenție.

Bibliografie

- [1] Coord. Aurel Deninschi, ș.a., Biomecanica, București, Ed. Academiei Republicii Socialiste România (în editare).
- [2] Bruce Alberts, ..., James D. Watson, Molecular biology of the cell, New York, Garland Publ., 1983, p. 43.
- [3] Mihai Drăgănescu, Mîntea și informateria, Contemporanul, 15 mai 1987, p. 6.
- [4] —, Autoconsistența materiei, România literară, 3 aprilie 1987, p. 19.

- [5] —, Profunzimile lumii materiale, București, Ed. Politică, 1979.
- [6] —, Ortofizica, Ed. științifică și enciclopedică, București, 1985.
- [7] —, Spiritualitate, informație, materie (eseuri), București, Ed. Academiei R.S.R., 1987, (sub tipar).
- [8] Coord. G. Zarnea, Revoluția biologică, București, Ed. Academiei R.S.R., 1985.
- [9] A. I. Berg, B. S. Solskov, Sostoinanie i tendenția razvitiia bioniki, în vol. Voprosi bioniki, Moskva, Nauka, 1967, p. 3—15.
- [10] John Horgan, Robotcits aim to ape nature, IEEE Spectrum, 1986, feb., p. 66—71.
- [11] E. N. Sokolov, L. A. Smelev, Neurobionika, Moskva, Nauka, 1983.
- [12] Mihai Drăgănescu, Taxonomia dispozitivelor fizico-informaționale, Sesiunea de Comunicări Științifice IPRS-Băneasa, joi 18 iunie 1987.
- [13] —, Structuri, funcțiuni, automate și organisme abstracte în electronica funcțională, CAS—1986, Sinaia 1—4 oct. 1986.
- [14] Elisabeth Corcoran, Japan to launch „sixth generation” project (artificial intelligence project to integrate technology, biology), The Institute (news supplement to IEEE Spectrum), january 1978, p. 1/8.
- [15] * * * Bioelectronic and molecular electronic devices, Proceedings published by the Research and Development Association for future electronic devices, Tokyo, 1985.
- [16] Alfred R. Polvin, Biosensors — the present and the future, IEEE Spectrum, 1985, january, p. 90—91.
- [17] H. Garrett de Young, Biosensors, the mating of biology and electronics, High Technology, 1983, november, p. 41—49; 87.
- [18] * * * Proceedings of the Symposium on biosensors, sept., 15—17 1984, Los Angeles, California, IEEE Service Center (lucrare conținând 38 de comunicări, citată după [17]).
- [19] J. R. Barker, Will I/O Biochips Create Computer Peripherals Revolution? Digital Design, 1980, december, p. 18—20.
- [20] * * * Bioelectronica — succesoare tehnologiei cu siliciu? o discuție cu prof. Ruge și echipa sa de cercetare de la Catedra de circuite integrate — Universitatea Tehnică din München, Siemens Review, 4/84, vol. LI, iulie/august 1984, p. 12—16 (traducere ICPE — București).
- [21] Henry S. White, Gregg P. Kittelsen, Mark S. Wrighton, Chemical derivatization of an array of three gold microelectrodes with polypyrrole: fabrication of a molecule-based transistor, Journal of the American Chemical Society, vol. 106, 1984, nr. 18, sept., p. 5375—7.
- [22] Chr. E. D. Chidsey, R. W. Murray, Electroactive polymers and macromolecular electronics, Science, 1986, 3 january, p. 25—31.
- [23] Mark S. Wrighton, Surface functionalization of electrodes with molecular reagents, Science, 1986, 3 january, p. 32—37.
- [24] P. Bergveld, The development and application of FET — based biosensors, Biosensors, vol. 2, 1986, p. 15—33.
- [25] W. E. Morf, The principles of ion-selective electrodes and of membrane transport, Budapest, Akademiai Kiado, 1981.
- [26] Ladislau Kékedy, Senzori electrochimici metalici și ion-selectivi, București, Ed. Academiei R. S. România, 1987.
- [27] P. Bergveld, IEEE Transactions on biomedical electronics, vol. BME-19, 1972, p. 342 ș.u. (citată după [26]).
- [28] vezi [26] p. 204—206.
- [29] Carl Rain, Membranes: supersieves hit the market, High Technology, vol. 3, 1983, nov., p. 69—76.
- [30] Există o asemenea încercare: A. F. Schackit, An electronic human eye, IEEE Spectrum, vol. 17, 1980, sept., p. 89—91.
- [31] Vezi, spre exemplu, P. Bergveld [24], op. cit., p. 16. Vezi și J. B. Tucker, in High Technology, 1984, feb., p. 36—47 (citată după [24]).
- [32] G. B. Street and T. C. Clarke: Conducting polymers: a review of recent work, IBM Journal of research and development, vol. 25, 1981, january, p. 51—57.
- [33] Vezi [32], p. 52.
- [34] A. Diaz et al., [pt] Polypyrrole: A new organic electrode material, IBM Journal of research and development, vol. 25, 1981, january, p. 42—50.
- [35] A. F. Diaz, B. Hall, Mechanical properties of electrochemically prepared polypyrrole films, IBM Journal of research and development, vol. 27, 1983, july, p. 342—347.
- [36] H. S. White, G. P. Kittelsen, Mark S. Wrighton, Chemical derivatization of an array of three gold microelectrodes with polypyrrole: fabrication of a moleculebased transistor, Journal American Chemical Society, vol. 106, 1984, nr. 18, sept., p. 5375—7, de asemenea Mark S. Wrighton et al Journal Physical Chemistry vol. 89, 1985 p. 5133.
- [37] Vezi [22], p. 31.
- [38] N. S. Lidorenko, ș.a.: Vvedenie v molekularnuu elektroniku, Moskva, Energoatomizdat, 1984.
- [39] T. Poggio, C. Koch, V. Torre, Microelectronics in nerve cells: dendritic morphology and information processing, A. I. Memo No 650 Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, october, 1981.
- [40] Vezi [11], p. 22.
- [41] James S. Albus: Brains, Behavior, robotics, Peterborough, Mc. Graw Hill — Byte Books, 1981.
- [42] Ronald K. Jurgen, Technology 87 — The specialities — paragraful Neural networks perform varied functions, IEEE Spectrum, vol. 24, 1987, january, p. 70.
- [43] Elisabeth Corcoran, Strategic Computing — a status report, IEEE Spectrum, vol. 24, april, 1987, p. 50.
- [44] Ya. Ovechkin, Microelectronics, Moscow, Mir Publishers, 1986, (ediție revăzută a volumului din 1982 în limba rusă).
- [45] Ștefan N. Marin, Biotranzistoarele, microelectronica secolului XXI, Știință și tehnică, 1983, nr. 8, p. 10—11.
- [46] Michael Conrad, The lure of molecular computing, IEEE Spectrum, vol. 23, 1986, oct., p. 55—60.
- [47] Ed. F. L. Carter, Molecular electronic devices, New York, Marcel Dekker, 1982 (citată după Michael Conrad, The lure of molecular computer, op. cit., p. 60).
- [48] Michael Conrad, The lure of molecular computer, op. cit., p. 55.
- [49] Michael Conrad, On Design Principles for a Molecular Computer, Communication of the ACM, vol. 28, 1985, may, p. 464—480.
- [50] Tim Scannel, Researchers trying to grow biocircuits Computer World, 1982, april 19, p. 7—8.
- [51] Mihai Drăgănescu, Automate semantice și organisme abstracte, CNETAC — 1986, București, 26—28 nov. 1986.
- [52] —, Electronica funcțională (cursul predat în 1987).

CZ 621.3.04:621.37.6

CIRCUITE INTEGRATE SPECIFICE PENTRU APLICAȚII
CIRCUITE INTEGRATE SEMIPROCESATE
UTILIZAREA ARIILOR DE PORȚI

Circuite integrate semiprocesate. O alternativă în reducerea decalajului tehnologic din electronică

DĂNUȚ OLTEANU * — BUCUREȘTI

Introducere

Apariția tranzistorului (1947), a circuitului integrat (1959) și a microprocesorului (1971) constituie momente de referință în istoria industriei cu cea mai rapidă dezvoltare, electronica. Încercând să respecte o lege de geneză de 12 ani [1], deceniul nouă impune circuitele integrate specifice pentru aplicație (ASIC).

Progresele din ultimii ani în tehnologia proiectării asistată de calculator cu implicațiile ei în toate sectoarele de semiconductori plecând de la conceperea circuitului — ingineria asistată de calculator (CAE), proiectarea și verificarea lay-out-ului (CAD), fabricarea structurilor asistată de calculator (CAM) — inclusiv „turnătorii de siliciu” — și pînă la testarea asistată de calculator (CAT), realizarea interfețelor necesare între aceste sectoare, a condus la schimbări fundamentale în rolurile tradiționale ale furnizorilor de semiconductori și constructorilor de echipamente. Un impuls hotărîtor în acest sens l-a dat disponibilitatea pe piață a stațiilor de lucru la un preț relativ scăzut care, pe baza unui soft specializat, a făcut posibilă pătrunderea în domeniul proiectării de ASIC a proiectanților de sisteme.

În această lucrare ne propunem să analizăm unele implicații ale fabricării și utilizării circuitelor integrate specifice pentru aplicație (ASIC) în general și a celor semiprocesate în special.

Circuite integrate specifice pentru aplicarea (ASIC)

În mod uzual, prin circuite integrate specifice pentru aplicație se înțeleg circuitele integrate la comandă, „semicustom”** și ariile logice programabile.

Aceste circuite au pătruns în toate domeniile de aplicații de la sistemele militare, telecomunicații, tehnica de calcul, controlul proceselor industriale și pînă la bunurile de larg consum aducînd după sine mari avantaje producătorilor: reducerea costurilor de fabricație, reducerea dimensiunilor și a consumului energetic, creșterea fiabilității, păstrarea secretului proiectării.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice, București.

** S-a preferat utilizarea termenului din limba engleză întrucît pînă în prezent nu avem un termen în limba română corespunzător.

tului și în primul rînd scurtarea semnificativă a timpului de proiectare-realizare.

În literatura de specialitate se apreciază [2,3] că începînd din anul 1988 jumătate din toate circuitele integrate utilizate vor fi ASIC, iar dimensiunile pieței și ritmurile de creștere pot fi înțelese dacă ținem seama că față de vânzările înregistrate în anul 1980 de 651 milioane dolari se așteaptă pentru anul 1990 o creștere de 11,9 miliarde dolari [4].

În momentul de față cele mai importante realizări sînt cele din domeniul ariilor de porți, a circuitelor semiprocesate la care ne vom referi pe larg în paragraful următor, dar tendința prioritară a pieței ASIC la nivelul anilor 1990 este realizarea pe un cip a memoriei, microprocesorului și funcțiilor logice aferente „cablîndu-se” astfel în siliciu microcalculatoare specializate. Tendințele actuale din domeniul tehnologiilor semiconductoare de mixare pe un cip a funcțiilor logice și de putere, a funcțiilor analogice și digitale, constituie, de asemenea, argumente în plus pentru înțelegerea dezvoltării acestui domeniu, denumit în mod curent în literatura de specialitate ca fiind revoluționar.

Abordarea acestui domeniu se consideră ca fiind o soluție viabilă pentru toate firmele de semiconductori, dar în special pentru cele mai mici care astfel pot cuceri segmente semnificative de piață. Necesitînd investiții importante, pătrunderea pe piața ASIC pune firmelor de semiconductori unele probleme specifice.

Factorul hotărîtor pentru reușita în domeniu este inovația și elasticitatea, capacitatea de repliere rapidă la solicitările beneficiarilor, posibilitatea de livrare a cipurilor comandate și specificate în termene, incredibile azi, de o lună sau chiar mai puțin, posibilități care necesită *utilizarea tehnologiei proiectării asistată de calculator* și asigurarea unui volum mare de servicii puse la dispoziția beneficiarilor:

- subsisteme pentru descrierea și verificarea specificației electrice;
- subsisteme pentru simulare logică și de circuit;
- subsistem pentru generarea vectorilor de test;
- subsisteme pentru generarea interactivă a lay-out-ului;
- subsisteme pentru verificarea regulilor de proiectare;

— subsisteme pentru generarea paterna-urilor.

Toate aceste subsisteme fac parte dintr-un puternic sistem CAE/CAD indispensabil proiectării și realizării rapide a dispozitivelor ASIC.

Realizarea unor funcții electrice tot mai complexe pune probleme tehnologice deosebite fabricanților de semiconductori elementul semnificativ fiind faptul că oricare din tehnologii poate avea șansa sa de succes. În figura 1 se prezintă o posibilă evoluție [5] a utilizării tehnologiilor semiconductoare pentru realizarea ASIC până în anul 1990. Se remarcă apariția și creșterea puternică a ASIC realizate în tehnologia BI-CMOS, dispozitive care vor combina avantajele celor 2 tehnologii. Trebuie remarcat că figura 1 se referă în special la dis-

cuitelor de catalog. Tendințele actuale pe plan mondial sînt prezentate în figura 2. Se constată că alături de capsulele binecunoscute DIL (Dual-In-Line) care reprezintă în continuare soluția ideală pentru ASIC cu densități mici de împachetare, se impun și alte tehnologii de montaj care au posibilități mult sporite. Astfel se utilizează capsulele QIL (Quad-In-

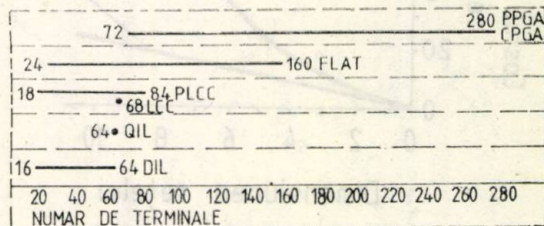


Fig. 2

Line) cu patru rînduri de terminale destinate cipurilor cu densități mari de împachetare și capsulele FLAT, LCC (Leadless Chip Carriers) și PLCC (Plastic Leaded Chip Carriers) destinate tehnicii de montaj de suprafață. Pentru densități foarte mari de împachetare se utilizează capsule PGA (Pin Grid Array) rețea de terminale dispuse pe o grilă cu variantele lor în plastic PPGA respectiv ceramică CPGA care pot fi prevăzute și cu radiator.

În general testarea circuitelor VLSI a devenit una din cele mai scumpe operații din fluxul tehnologic de fabricație. Această problemă devine și mai stringentă în cazul dispozitivelor ASIC care din cauza diversității lor și a cantităților solicitate relativ mici face imposibilă utilizarea unor testere specializate. De aceea, dispozitivele ASIC impun măsuri speciale pentru a asigura testabilitatea circuitului încă din proiectare. Acest lucru poate fi realizat prin utilizarea unui sistem CAT corespunzător care, așa cum rezultă din figura 3 poate conduce la reduceri semnificative ale prețului testării în cazul în care s-a făcut o proiectare pentru testabilitate (curba 2) vis-a-vis de situația unei proiectări neconstrinse (curba 1) [7]. Importanța sistemului CAT poate fi înțeleasă și mai bine dacă vom analiza timpul necesar testării complete a unui cip. Luînd ca exemplu o arie de 1000 de porți care conform regulii lui Rent ar putea avea 45 de intrări, aplicînd cei 2ⁿⁱ vectori de test la intrare am obține o durată de testare de 21 de zile la o frecvență de test de 20 MHz. Verificînd proiectul cu programele de analiză a testabilității și reducînd numărul de intrări cu 25% se obține o reducere a timpului de testare la circa 14 minute, iar prin utilizarea corespunzătoare a programului de generare a vectorilor de test, prin reducerea acestuia cu 40%, timpul total de testare a ariei ajunge la 7 secunde [8].

TENDINTE DE PRODUCȚIE ASIC

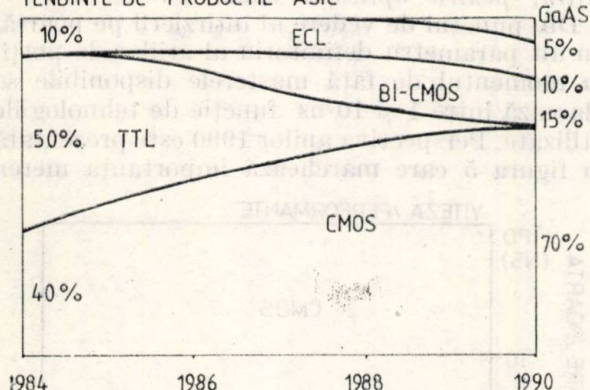


Fig. 1

pozitivele care înglobează funcții logice, dispozitive care depășesc cu mult numeric și valoric dispozitivele cu funcții mixte analog digitate sau logice și putere. Totuși importanța acestora din urmă nu trebuie minimalizată mai ales pentru constructorii de echipamente. Utilizarea acestor tehnologii pentru realizarea dispozitivelor ASIC implică reorganizarea fluxurilor tradiționale în vederea adaptării la comenzi diferite în cantități mici, esențial nemaifiind prețul de realizare a cipului ci timpul în care poate fi livrat. De aceea firmele din domeniu recurg tot mai des la fabricarea asistată de calculator (CAM), o linie tehnologică de complexitate medie urmînd a procesa, de exemplu, 50 de produse diferite sau variante ale acestora în același timp [6].

Marea diversitate a dispozitivelor ASIC atît din punctul de vedere al complexității cît și al domeniilor de aplicații impun fabricantului asigurarea unor disponibilități de încapsulare deosebite. Circuitele ASIC în general au o structură neregulată — spre deosebire de memorii — și nu constituie o unitate funcțională — spre deosebire de microprocesoare. De aceea, „necesarul de pini” este mai mare decît acela al cir-

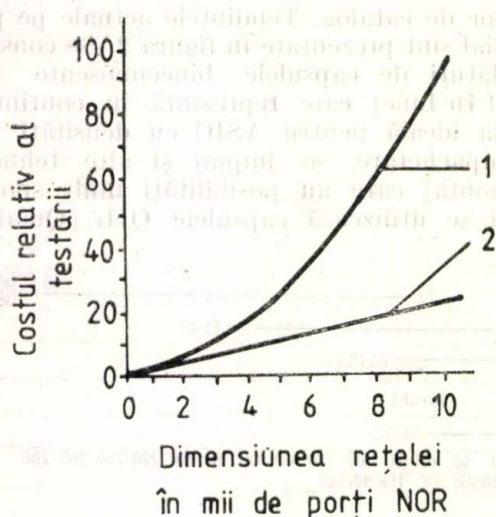


Fig. 3

Circuite integrate semiprocuate

În accepțiunea acestei lucrări, circuitele integrate semiprocuate sînt acele circuite realizate în siliciu pînă la nivelul ultimelor măști de metalizare prin proiectarea cărora se definește funcția electrică dorită. Din rîndul acestora cele mai cunoscute și utilizate sînt ariile de porți logice, dar domeniul nu trebuie restrîns pentru că, folosind aceleași tehnici, se pot realiza și funcții analogice sau combinații logic-analogice.

Parte semnificativă în piața ASIC, ariile de porți se realizează azi într-o multitudine

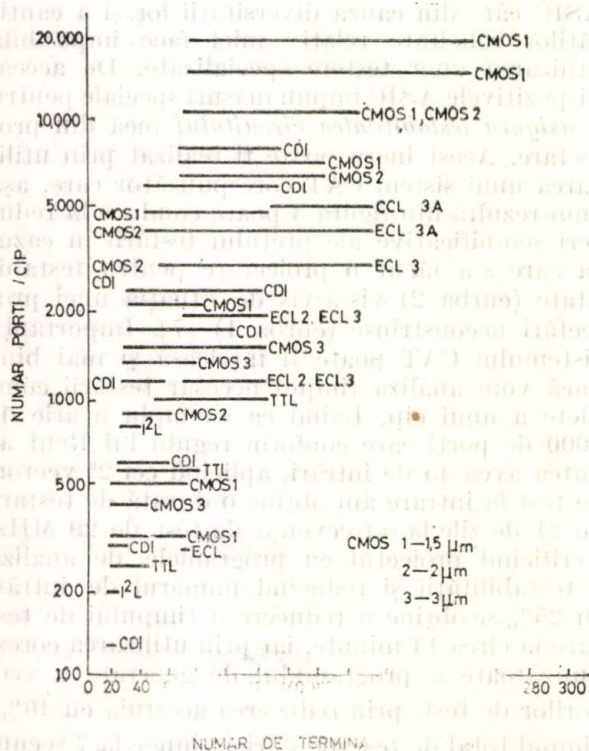


Fig. 4

de variante ale tehnologiilor bipolare și MOS. Figura 4 prezintă realizări recente obținute pe plan mondial evidențiind tehnologiile utilizate, complexitatea masterelor în număr de porți echivalente/cip și numărul de terminale utilizate la capsulă.

Spre deosebire de alte tipuri de dispozitive, de exemplu memoriile unde creșterea gradului de integrare a condus la eliminarea din aplicații a unor produse mai puțin complexe, în domeniul ariilor de porți aplicațiile necesită în continuare o paletă largă de mastere, putînd fi la fel de utilizate mastere cu cîteva sute de porți echivalente ca și cele cu cîteva zeci de mii. De aceea, în acest domeniu performanțele de vîrf nu sînt legate neapărat de nivelul tehnologic în sensul gradului de integrare ci de utilizarea eficientă a unui master cît mai mic, deci mai ieftin, pentru aplicația dată.

Din punctul de vedere al întîrzierii pe poartă, un alt parametru definitoriu al ariilor de porți, în momentul de față masterele disponibile se plasează între 1 și 10 ns funcție de tehnologiile utilizate. Perspectiva anilor 1990 este prezentată în figura 5 care marchează importanța mereu

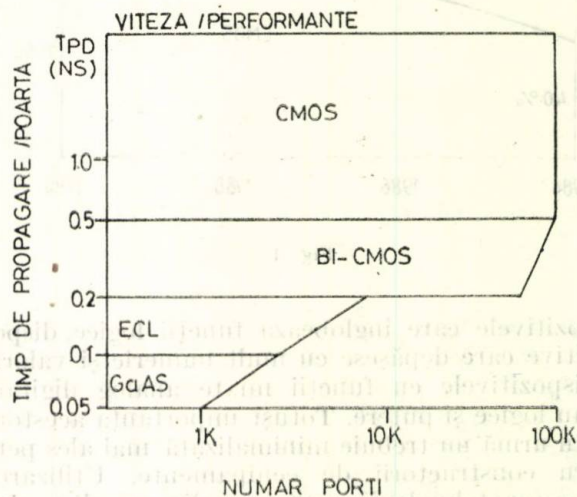


Fig. 5

crescîndă a ariilor realizate în tehnologiile BI-CMOS, ECL și GaAs chiar dacă complexitatea acestora, exprimată în numărul de porți echivalente, este mai mică decît aceea a masterelor realizate în tehnologia CMOS.

Arie de 1000 de porți

Apreciind că nivelul nostru tehnologic permite abordarea realizării unei arii cu o complexitate de 1000 de porți, am ales acest caz ca particularizare pentru discuțiile ce vor urma. O primă întrebare este: *ce înseamnă pentru fabricant o arie de 1000 de porți?* O arie de 1000 de porți în tehnologia CDI (Izolarea prin Difuzie de Colector) cu regula de proiectare de 2 μm înseamnă:

- integrarea pe cip a 6120 componente;
- obținerea unui cip de $6 \times 6 = 36 \text{ mm}^2$, deci circa 50 structuri pe plachete de 2 foi și 250 de structuri de plachete de 4 foi;
- desenul lay-out-ului la scara 500:1 ar ocupa $3 \times 3 = 9 \text{ m}^2$ având ferestrele de contacte de 4 mm^2 ;
- exfolierea măștii de interconexiuni într-un ritm de 1 traseu/minut ar putea dura aproximativ 45 de zile;
- testarea pe plachetă ar putea necesita un prober cu 128 de sonde;
- montajul cipului ar putea necesita capsule cu pină la 128 de terminale.

Ce înseamnă pentru utilizator o arie de 1000 de porți? Avantajele generale ale componentelor ASIC pentru utilizator pot fi exemplificate pe un caz concret. Vom compara două produse apreciate ca fiind echivalente din punct de vedere a performanțelor: calculatorul personal HC-85 produs în țară la FCE cu componente de catalog din serie 74LS și calculatorul personal Sinclair ZX Spectrum care utilizează o arie de porți, prin datele prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Produsul	Dimensiuni, (mm)	Greutate, (g)	Consum energie, (W)	Numărul circuitelor integrate
HC-85	$320 \times 210 \times 60$	1340	15	79
Sinclair	$230 \times 140 \times 30$	400	7,5	24
Reduceri cu (%)	76	70	50	70

Reducerile prezentate în tabel se datoresc în proporție de 80% înlocuirii a 37 de circuite integrate MSI și SSI din seria 74LS cu o arie de 960 de porți de tip CML 5000 de la firma Ferranti. Figura 6 prezintă planul de amplasare a pieselor la calculatorul personal HC-85 și indică cele 37 de circuite integrate care pot fi înlocuite de aria de porți CML 5000. Această analiză nu ar fi completă și concludentă dacă nu am analiza prețurile de producție și fiabilitatea produselor. Din nefericire datele economice de care dispunem nu ne permit acest lucru și de aceea vom recurge la un exemplu asemănător din literatura de specialitate [9] care analizează implicațiile economice ale realizării unei funcții logice cu aria de porți 8A1200 — o arie de 1200 de porți în tehnologia bipolară ISL (Logică Schottky de Injecție) — în locul a 35 de circuite integrate din seria 74LS. Datele sunt prezentate în tabelul 2. Se constată o reducere a costurilor cu 57%. În ceea ce privește fiabilitatea, ea crește de circa 20 de ori cu toate că rata defectării pentru circuitele din seria 74LS este considerată $\lambda = 3,4 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$, în timp ce rata defectării pentru aria 8A1200 este $\lambda = 6 \times 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ deci de aproape 2 ori mai proastă.

Tabelul 2

Costuri (S)	Varianta 74LS	Varianta ISL
— număr circuite integrate	35	1
— cost circuite integrate	$35 \times 0,40 = 14,00$	25,00
— cost fabricare cablaj, implantare, testare	$35 \times 0,87 = 30,45$	2,48
— cost întreținere, depanare	$35 \times 0,06 = 2,10$	0,92
— cost suport hard	$35 \times 0,70 = 24,50$	2,10
Cost total	71,05	30,50

O concepție nouă în relația fabricant-utilizator

Din punct de vedere istoric se poate aprecia că producătorii de circuite integrate au fost principalii promotori ai modificărilor dramatice care au avut loc pe piață, producătorii de echipamente având un rol mai mult pasiv. Dacă ne vom referi la tehnica de calcul se poate demonstra că trecerea de la generația a I-a de calculatoare, succesiv, până la generația a IV-a nu s-a făcut în primul rând sub impulsul necesităților de progres al fabricantilor de sisteme, ci datorită spiritului de inovație și căutării de noi piețe și aplicații manifestate la producătorii de semiconductori.

Odată cu apariția și răspindirea componentelor ASIC apare un fenomen nou, revoluționar care nu se mai plasează în sfera salturilor tehnologice din domeniul fabricării semiconductoarelor, ci constă într-o concepție nouă în relația fabricant-utilizator. Conform acestei noi concepții, astăzi circuitele integrate sunt proiectate de două categorii de proiectanți: „cei clasici” și proiectanții de sisteme. Primii dintre aceștia dezvoltă circuite noi corespunzătoare unor necesități previzibile din industria electronică. Ei rămân astfel în principal la circuitele standard, în domeniul ASIC având un rol important doar la circuitele integrate la comandă (full-custom). Efortul lor se concentrează în continuare în reducerea costului procesului de fabricație și în scurtarea timpului de proiectare. Spre deosebire de aceștia, proiectanții de sisteme sunt preocupați să „cableze” în siliciu funcții cât mai complicate, inclusiv segmente soft, din sistemele lor în scopul obținerii unor reduceri de gabarit și de preț, al creșterii fiabilității. Pentru aceștia, având în vedere necesarul relativ mic, problema costului circuitului nu este esențială, celelalte avantaje precum și obținerea cipurilor într-un timp cât mai scurt devenind dominante.

Proiectanții de sisteme intervin cu precădere în domeniul „semicustom” mult mai ușor pentru ei datorită faptului că nu mai este necesară expertizarea lay-out-ului circuitului, iar proiectarea poate fi independentă de tehnologie

[10]. Pătrunderea proiectanților de sisteme în proiectarea circuitelor integrate ridică unele probleme specifice legate de pregătirea acestora, de o serie de facilități hard și soft care vor determina în fond o nouă interfață între producătorul ASIC și beneficiar.

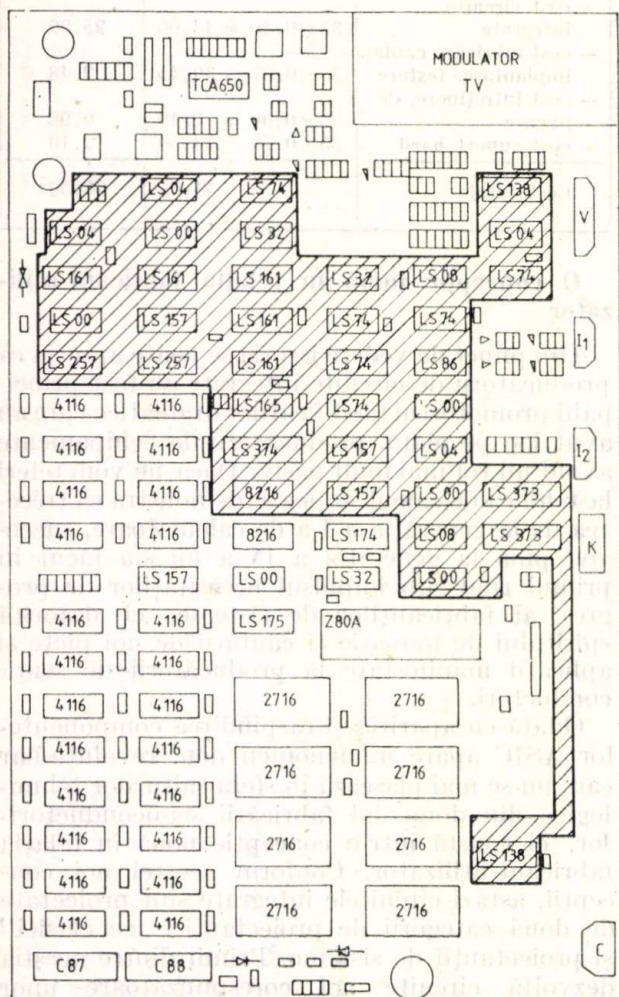
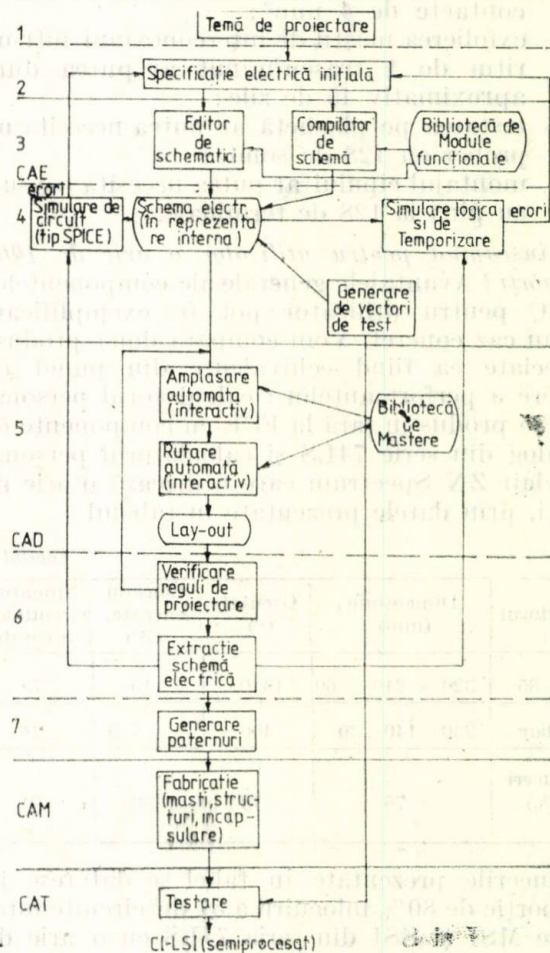


Fig. 6

Pentru lămurirea acestor chestiuni prezentăm în figura 7 structura unui posibil sistem de proiectare și realizare a circuitelor integrate semiprocuate. Într-un paragraf anterior arătăm necesitatea ca beneficiarii să aibă la dispoziție o serie de servicii definite acolo ca subsisteme



Structura sistemului de proiectare și realizare CL-LSI (semiprocuate)

Fig. 7

Varieta-te de colabo-rare	UTILIZA-TOR	PRODUCATOR CIRCUITE INTEGRATE								Durata cercetare (saptamini)		
		Temă de proiecta-re	Proiect initial	Transformare in integrabil	Simulare pe calculator	Proiect lay-out	Verifica-re lay-out	Genera-re de paternuri	Execuție măști	Model experimen-tal 20 buc.	Utiliza-tor	Produc-tor	Total
1			○ ○ ○	○ ○	○	○ ○	○	○	○ ○	1	13	14
2			● ● ● ●	○ ○	○	○	○	○	○ ○	5	10	15
3			● ● ● ●	● ● ● ●	○	○ ○	○	○	○ ○	8	8	16
4			● ● ● ●	● ● ● ●	●	○ ○	○	○	○ ○	9	7	16
5			● ● ● ●	● ● ● ●	●	● ● ● ●	○	○	○ ○	12	5	17
6			● ● ● ●	● ● ● ●	●	● ● ● ●	● ● ● ●	○	○ ○	14	4	18
7			● ● ● ●	● ● ● ●	●	● ● ● ●	● ● ● ●	●	○ ○	15	3	18

Fig. 8

ale sistemului CAE/CAD. Aceste subsisteme se regăsesc și sint explicitate în schema logică din figura 7. În funcție de pregătirea beneficiarului, de disponibilitatea și calitatea serviciilor oferite, interfața acestuia cu producătorul poate fi variabilă. Această interfață posibilă evidențiată în figura 8 se plasează pe 7 niveluri, între nivelul 1 — interfața clasică și nivelul 7 în care producătorul devine o „turnătorie de siliciu”, întreaga responsabilitate a proiectării fiind transferată proiectanților de sisteme. În momentul de față cele mai utilizate niveluri de interfață sint 3 și 5. O problemă deosebită ridică nivelul 7 care presupune o standardizare hard și soft în sistemul CAE/CAD pentru ca proiectele să fie realizabile în oricare „turnătorie de siliciu”.

În figura 8 se prezintă și o dimensionare în timp a etapelor de proiectare și realizare a circuitelor integrate semi-procesate, rezultată atit din datele prezentate în literatură [11], cit și din experiența noastră din utilizarea tehnicii monocip.

Concluzii

Apariția și dezvoltarea domeniului ASIC constituie un moment semnificativ în evoluția industriei electronice. Generator de implicații profunde, domeniul ASIC nu a apărut ca urmare a unor salturi tehnologice din industria de semiconductori ci ca o etapă nouă, firească în

dezvoltarea tehnicii: ideea de a „cabla” direct în siliciu porțiuni din ce în ce mai mari din sistemele electronice. Utilizarea acestei tehnici care presupune un înalt nivel de automatizare deschide fabricantului un segment important de piață și conferă utilizatorilor avantaje majore: reducerea prețurilor, reducerea gabaritelor și a consumului energetic, creșterea fiabilității și scurtarea semnificativă a timpului de proiectare-realizare a circuitului. Utilizarea cu succes a acestei tehnici presupune o schimbare de concepție în relația fabricant-utilizator schimbare ce poate fi realizată prin cunoașterea mai profundă a problemelor și necesităților atit din domeniul semiconductoarelor, cit și acela a constructorilor de sisteme.

Bibliografie

- [1] G. Guterl. IEEE Spectrum, vol. 21, sept. 1984, p. 28.
- [2] M. A. Fischetti. IEEE Spectrum, vol. 21, sept. 1984, p. 49.
- [3] C. N. Anagnostopoulos, IEEE Solid-State Circuits, vol. 19, feb. 1984, p. 3.
- [4] M. A. Fischetti. IEEE Spectrum, vol. 23, ian. 1986, p. 54.
- [5] * * * NEC Gate Arrays and Standard Cells, 1986.
- [6] D. Lang ș.e., Solid State Technology, vol. 29, mai 1986, p. 157.
- [7] E. Muehldorf ș.a., IEEE Transaction on Computers, vol. C-30, ian. 1981, p. 12.
- [8] D. Hutcheson ș.a., Semiconductor International, sept. 1984, p. 89.
- [9] R. C. Pitts, Electronic Design, vol. 29, dec. 1981, p. 127.
- [10] P. H. Singer, Semiconductor international, feb. 1986, p. 132.
- [11] D. Bursky, Electronic Design, vol. 32, ian. 1984, p. 207

CZ 621.382.3:621.37.029.6:621.373.7

TRANZISTOR MODFET
MODEL CUANTIC
GAZ BIDIMENSIONAL

Studiul distribuției cuantice de sarcină în tranzistoarele cu efect de câmp cu modulație în dopaj

SORIN VOINIGESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

Tranzistorul cu efect de câmp cu modulație în dopaj, cunoscut sub diverse acronime (MODFET/ TEGFET/ SDHT/ HEMT) provenite din prescurtările din limba engleză ale principalelor trăsături structurale sau funcționale ale sale, s-a impus în anii '80 drept dispozitivul cel mai performant pentru realizarea circuitelor integrate logice ultrarapide (VHSIC) și a circuitelor monolitice pentru microunde (MMIC) [1]. O structură devenită

deja clasică (fig. 1) cuprinde o zonă de barieră (avînd un rol asemănător stratului de oxid din dispozitivele MOS) din AlGaAs puternic dopat între poartă și canalul din GaAs nedopat. Transportul purtătorilor de sarcină, sub controlul porții, între sursă și drenă se face într-o manieră similară tranzistoarelor MOS — sau MISFET. Particularitatea și totodată noutatea dispozitivului rezidă în natura cuantică a purtătorilor de sarcină din canal, care formează un gaz bidimensional, favorabil obținerii unor viteze de drift superioare structurilor existente (MOSFET sau MESFET din GaAs).

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

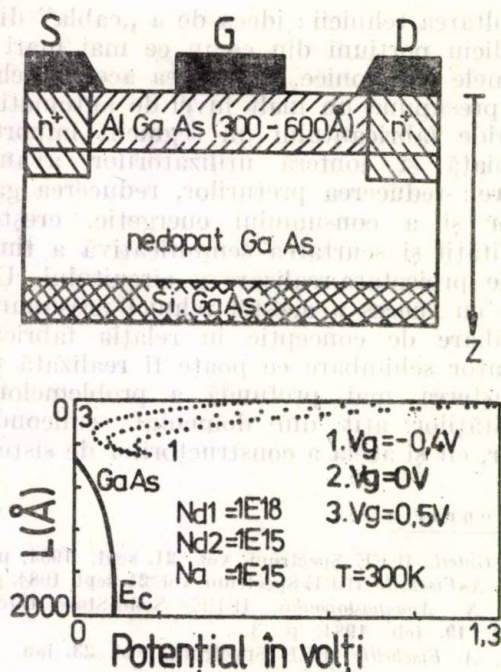


Fig. 1. Structura și diagrama benzii de conducție ale unui tranzistor MODFET simplă-heterojuncțiune.

Lucrarea de față prezintă rezultate originale obținute în urma simulării numerice a fenomenelor cuantice ce apar la interfața barieră/canal în structuri MODFET uni — și multi-heterojuncțiune. Algoritmul numeric dezvoltat a permis monitorizarea efectelor legate de neparabolicitatea benzii de conducție în GaAs și existența a două tipuri de trape (de suprafață: Nds și de adâncime: Ndd) în stratul de barieră.

În ultima parte se face o comparație privind acuratețea modelelor numerice clasice bazate pe statistica Fermi-Dirac și a unor modele cuantice mai simple existente în literatură.

Modelul numeric cuantic

Deși rafinat și extrem de avansat din punct de vedere tehnologic (circuite LSI cu peste 30000 de tranzistoare sînt realizate încă din 1984), dispozitivele MODFET reprezintă un caz tipic în care performanța experimentală a precedat cu mult modelul teoretic. Dificultatea modelării este cauzată de fenomenul de cuantizare a energiei purtătorilor de sarcină pe direcția perpendiculară pe poartă, fapt ce conduce la pierderea unui grad de libertate și la un câștig în mobilitate. Interdependența dintre funcțiile de undă ale purtătorilor de sarcină și profilul de potențial în benzile de conducție și valență, constituie încă o barieră în calea elaborării unui model analitic de încredere.

Experimental, existența gazului bidimensional de electroni sau goluri a fost dovedită

prin măsurători pretențioase Shubnikov-De Haas la 4K, iar mai recent, prin profilare de tip C — V, și la 300K [3].

Analitic, efectele cuantice au fost introduse în modelul de transport clasic al tranzistoarelor MOS prin intermediul unor formule empirice (deduse inițial din măsurători [4], iar apoi din fitarea unor curbe numerice [5]) pentru distribuția sarcinii bidimensionale (ns) în canal.

În abordarea numerică a problemei se remarcă trei direcții:

(I) simulare quasi-clasică prin rezolvarea ecuației Poisson și a ecuațiilor de continuitate recurând la statistica Fermi-Dirac și la formalismul de transport Marshak-Van Vleet în semiconductori cu compoziție variabilă cu poziția.

(II) introducerea efectelor cuantice, cu ajutorul formulelor empirice menționate anterior, în programe convenționale de simulare uni — sau bidimensională.

(III) rezolvarea setului extins de ecuații ale semiconductoarelor, la care se adaugă ecuația lui Schrödinger.

Ultima metodă, cea mai exactă, a fost elaborată de Howard și Stern în 1967 în studiul cuantizării sarcinii electrice la interfața SiO₂/Si și reluată de Stern și alți cercetători pentru investigarea heterojuncțiunii AlGaAs/GaAs [5]. Vinter a aplicat o variantă simplificată în analiza unei structuri MODFET idealizate, neglijând neomogenitatea compozițională a structurii și deionizarea donoarelor din barieră [6].

Metoda este extinsă în lucrarea de față pentru o analiză realistă de mare acuratețe a structurilor cuantice, permițând urmărirea efectelor legate de deionizarea centrilor donori de mică și mare adâncime, precum și de dependența de energie a masei purtătorilor de sarcină în canal, aspecte neglijate în literatură. Ea constă în determinarea potențialului electrostatic din ecuația lui Poisson în cazul unui semiconductor neomogen:

$$\nabla [K(y, z) \nabla u(y, z)] = -\rho(y, z) \quad (1)$$

și din rezolvarea ecuației lui Schrödinger pentru extragerea funcției de undă $\psi = \sum_i \psi_i$ a electronilor/golurilor,

$$-\hbar^2/2 [\partial/\partial y (1/m_y \partial \psi_i / \partial y) + \partial/\partial z (1/m_z \hbar^2 / \partial z)] + (V(y, z) - E_i) \psi_i(y, z) = 0 \quad (2)$$

unde:

$V(y, z) = V_0 - X e(z) - q u(y, z)$ este energia potențială a minimului benzii de conducție;

$$\rho(y, z) = q \{ N_d^+ - N_a^- - n_{bar} - \frac{KT}{\pi \hbar^2} \sum_{i=0} m_{ch}(y, z) \ln[1 + \exp((E_F(y, z) - E_i(y))/KT)] \} \quad (3)$$

n_{bar} este concentrația de volum a electronilor în zona de barieră calculată cu statistica Fermi-Dirac;

$$m_{ch}(y,z) = m_{GaAs} \{1 + 0.65564 [Ei(y) - V(y,z)] + 0.3549 [Ei(y) - V(y,z)]^2 - 2.2105 [Ei(y) - V(y,z)]^3\} \quad (4)$$

este masa electronului în canal, iar,

$$Nd = sNd(z) / [1 + 2\exp((E_F(y,z) - E_{Dsh})/KT)] + (1-s)Nd(z) / [1 + 2\exp((E_F(y,z) - E_{Ld})/KT)] \quad (5)$$

reprezintă profilul de impurități donoare ionizate în prezența unei proporții variabile ($s = 0...1$) de trape de suprafață și de adin-cime.

Față de modelele anterioare, noua metodă ține cont de neparabolicitatea benzii de conducție în GaAs prin utilizarea unei mase efective modificate, dependente de energie printr-o dezvoltare Taylor de ordinul 3. Ca urmare, densitatea de sarcină bidimensională din canal devine dependentă de poziție făcând imposibilă chiar și o aproximare semi-analitică cu funcții Airy a funcțiilor de undă π_i .

Ecuatiile (1) și (2) sînt discretizate prin metoda diferențelor finite sau a elementului finit [7] și rezolvate iterativ cu un algoritm tip Gauss-Newton pînă la atingerea preciziei dorite (uzual 10^{-5} Volti). În conformitate cu proprietățile fizice ale ecuației lui Schrödinger, aceasta din urmă este rezolvată cu frontiere flotante în zona gropii de potențial din canal, impunînd condiția de continuitate a funcțiilor de undă și a derivatei acestora, și aplicînd aproximația WKB în zonele de barieră îndepărtate de canal.

Programul implementat în Turbo Pascal permite analiza unidimensională (pe direcția de cuantizare: perpendicular pe poartă și pe interfața GaAs/AlGaAs) cu o rețea de discretizare neuniformă. Timpul de calcul tipic pentru un punct static de funcționare este de 10...15 minute pe un calculator Felix PC, fără accelerator floating point, pentru o rețea de discretizare cu 200 de puncte (distanța activă poartă-substrat este de 0,2 μ m). Analiza bidimensională presupune reluarea procesului de calcul unidimensional pentru fiecare poziție de discretizare pe direcția y (drena — sursa) și nu face obiectul prezentului studiu.

Rezultate și comentarii

Tabelul 1 prezintă rezultate obținute prin simulare, referitoare la energiile proprii și distribuția energetică a densității de sarcină

Tabelul 1

Energiiile proprii și densitatea bidimensională de sarcină în tranzistoare MODFET

T °K	E1-E0 meV	E2-E1 meV	No	N1	N2	N3	Ns
				10 ¹¹ cm ⁻²			
1) 300	38.45	22.39	4.15	1.17	0.516	0.285	6.8
1) 77	26.47	13.31	6.6	0.92	0.153	0.057	7.7
2) 77	34.98	13.43	9.1	0.99	0.165	0.057	10.4
3) 77	25.84	—	4.875	0.435	—	—	5.31
4) 77	25.84	—	4.865	0.434	—	—	5.3
4) Stern and Das Sarma 1984	—	—	—	—	—	—	—
77	26.2	—	—	—	—	—	5.1
5) 77	97.91	—	13.41	1.03E-3	—	—	13.41
5) 300	99.39	—	10.96	0.533	—	—	11.5
6) 300	99.23	—	11.59	0.5975	—	—	12.17
7) 300	99.68	—	9.955	0.4417	—	—	10.397
8) 300	100.57	—	8.416	0.3196	—	—	8.735

1) SH-MODFET: $N_{D1} = 10^{18}$ cm⁻³; $N_{D2} = 10^{15}$ cm⁻³; $N_A = 10^{15}$ cm⁻³; $Z_{int} = 500$ Å; strat nedopat în bariera de 50 Å; $V_G = 0$ V.

2) La fel ca 1) dar fără strat nedopat în barieră. 3) La fel ca 1) cu strat nedopat în bariera de 100 Å.

4) La fel ca 3) dar $N_A = 10^{14}$ cm⁻³.

5) DH-MODFET: $N_{D1} = 10^{18}$ cm⁻³; $N_{D2} = 10^{15}$ cm⁻³; $N_A = 10^{14}$ cm⁻³; $N_{D3} = 5 \cdot 10^{17}$ cm⁻³; $Z_{int} = 500$ Å; canal de 100 Å; $V_G = 0$ V.

6) La fel ca 5) dar $V_G = 0.3$ V; 7) La fel ca 5) dar $V_G = -0.3$ V; 8) La fel ca 5) dar $V_G = -0.6$ V;

în canalul tranzistoarelor simplă — și dublă — heterojuncțiune din Al_xGa_{1-x}As, fracția molară x a aluminiului fiind 0,3. Spre comparație a fost resimulată structura calculată de Stern ș.a. [5] în aproximația masei efective. Concordanța rezultatelor este mai bună de 1%. Figura 2 prezintă o distribuție cuantică tipică, obținută cu noul algoritm, a sarcinii electronice într-un tranzistor SH — MODFET (simplă — heterojuncțiune). Este reprezentată, de asemenea, distribuția electronilor

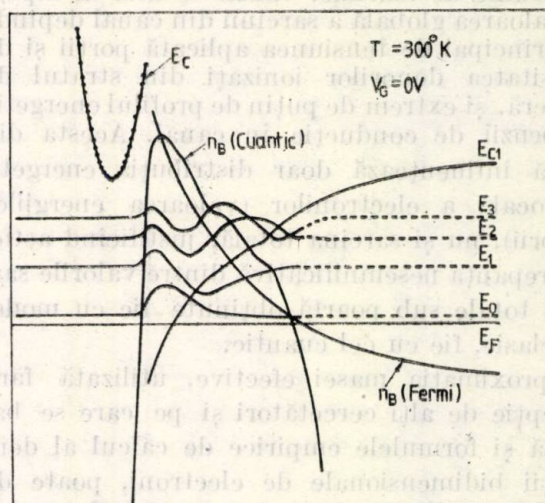


Fig. 2. Distribuția de sarcină în canalul unui tranzistor MODFET simplă-heterojuncțiune calculată clasic și cuantic. Cu terminație în linie punctată sînt reprezentate funcțiile de undă.

calculată cu modelul clasic utilizând statistica Fermi-Dirac. Deși integrala sarcinii totale sub poartă rămâne practic neschimbată în cele două modele, (discrepanțele sînt între 0,5 și 2% în funcție de tensiunea aplicată pe poartă), profilul de sarcină diferă considerabil. Modelul clasic supraestimează sarcina la interfața barieră/canal și subestimează centrul de greutate al distribuției de sarcină în canal. Acest lucru are implicații directe în calculul parametrilor de semnal mic: capacitatea poarta-canal și transconductanța g_m .

Modelul cuantic evidențiază, ca element de noutate absolută față de alte modele clasice sau cuantice existente în literatură, o distribuție în trepte, cu un maxim absolut de sarcină corespunzător nivelului energetic fundamental și cu paliere asociate nivelelor superioare. Aceste rezultate vin ca o confirmare teoretică a profilelor de sarcină măsurate la temperatura camerei prin metoda C — V în dispozitive dublă — heterojuncțiune [3]. Rezultatul este deosebit de important deoarece ilustrează la nivel macroscopic, într-o mărime măsurabilă direct (profilul de sarcină sub poartă) natura cuantică a dispozitivului. Mai mult chiar, el permite demonstrarea existenței gazului dimensional la temperaturi ridicate, prin experimente mai puțin costisitoare decît metoda Shubnikov-De Haas.

În continuare a fost făcută o analiză de sensibilitate a distribuțiilor calculate la modificarea diversilor parametri de material sau tehnologici, asupra valorii cărora există incertitudini (bariera Schottky: ϕ_B , ofsetul de bandă de valență sau conducție: E_c, E_v ; proporția de trape adinci și de suprafață: s). Trapele, cum era de așteptat, conduc la modificări esențiale ale rezultatelor, uneori chiar cu ordine de mărime. Cauza se află în faptul că valoarea globală a sarcinii din canal depinde în principal de tensiunea aplicată porții și de densitatea donozilor ionizați din stratul de barieră, și extrem de puțin de profilul energetic al benzii de conducție în canal. Acesta din urmă influențează doar distribuția energetică locală a electronilor (valoarea energiilor proprii), nu și sarcina totală, justificînd astfel discrepanța nesemnificativă dintre valorile sarcinii totale sub poartă obținute fie cu modelul clasic, fie cu cel cuantic.

Aproximația masei efective, utilizată fără excepție de alți cercetători și pe care se bazează și formulele empirice de calcul al densității bidimensionale de electroni, poate de asemenea conduce la erori de calcul. În figura 3 aceste erori sînt estimate pentru structuri dublă-heterojuncțiune idealizate. Deși valoarea energiilor proprii este destul de afectată

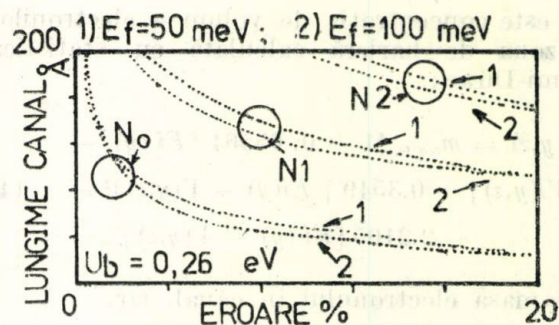


Fig. 3. Eroarea introdusă de aproximația masei efective în determinarea sarcinii în structuri dublă-heterojuncțiune idealizate, pentru două poziții diferite ale nivelului Fermi în canal, în funcție de lățimea canalului.

de această aproximație, în tranzistoarele MODFET convenționale în care canalul depășește 100...150 Å, distribuția de sarcină are o eroare de cel mult 1%. Cauza este reacția negativă ce cuplează ecuațiile Poisson și Schrödinger prin intermediul sarcinii electrice și al profilului de potențial. Reacția tinde să rearanjeze structura energetică și profilul de potențial astfel încît să se mențină concentrația globală de echilibru, dictată de tensiunea de poartă.

Cazul unei structuri dublă-heterojuncțiune reale, asemănătoare celei din lucrarea [3], este ilustrat în figura 4.

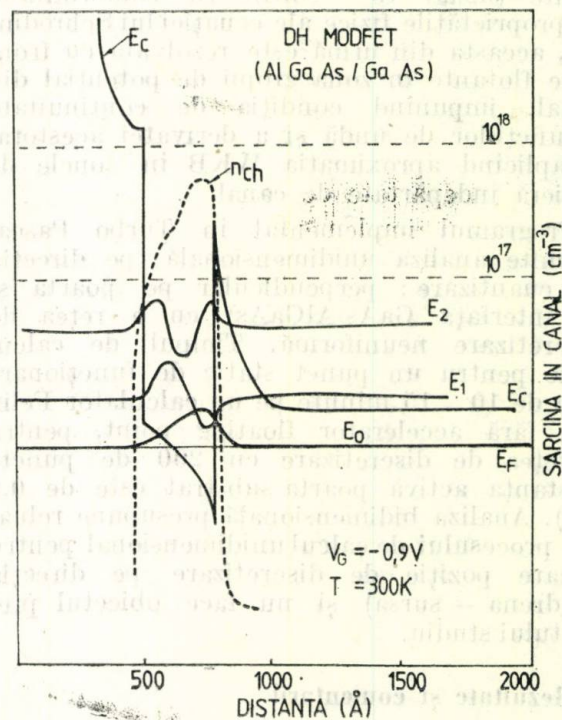


Fig. 4. Profilul benzii de conducție, al funcțiilor de undă și al sarcinii într-o structură dublă-heterojuncțiune reală polarizată invers.

Concluzii

A fost dezvoltat un algoritm numeric pentru analiza efectelor cuantice din tranzistoarele MODFET. Calculele au permis evidențierea teoretică în premieră a unei distribuții tip scară a sarcinii electronice în canal, în conformitate cu profilări de adâncime obținute experimental de o echipă de cercetători japonezi. În ceea ce privește integrala sarcinii sub poartă, o comparație cu modelele clasice ce utilizează statistica Fermi-Dirac indică o eroare de maxim 2% a acestora din urmă. Profilul de sarcină în canal este însă total modificat, cu repercusiuni directe asupra valorii capacității de poartă și transconductan-

ței, parametri importanți ce caracterizează performanțele de înaltă frecvență ale dispozitivului.

Bibliografie

- [1] *** IEEE Trans. El. Dev. vol. ED-33, May 1986, ediție dedicată dispozitivelor MODFET's.
- [2] E. F. Schubert, K. Ploog. Appl. Phys. A, 33, 63—76 și 183—193, 1984.
- [3] H. Kinoshita et al. IEEE Trans. El. Dev., vol. ED-33, p. 608, 1986.
- [4] D. Delagebeaudeuf, N. T. Linh. IEEE Trans. El. Dev., vol. ED-29, p. 955, 1986.
- [5] F. Stern & S. Das Sarma, Phys. Rev. B 50, P. 840, 1984.
- [6] B. Vinter. Appl. Phys. Lett, 44, 307, 1984.
- [7] S. Voinigescu. CNETAC 1986, București,

CZ 621.3.016.4:621.375.4

TRANZISTOARE CU SILICIU
FUNȚIONARE LA TEMPERATURĂ RIDICATĂ
ENERGIE DE ACTIVARE

Mecanisme de defectare accelerate termic și electric apărute la funcționarea componentelor semiconductoare

MARIUS BĂZU, LUCIAN GĂLĂȚEANU, MARIANA DRĂGAN, RODICA FLUGARU,
RAREȘ FLORESCU*, ANCA STOICA*, EREMIA IANCU* — BUCUREȘTI

Introducere

Cunoașterea modului în care diferitele stresuri acționează asupra mecanismelor de defectare ale componentelor semiconductoare stă la baza elaborării unor programe optime de îmbătrânire accelerată. În lucrarea de față sunt prezentate rezultatele obținute în cadrul unui program de lucru cu care s-a evidențiat acțiunea a trei factori de stress, cei mai importanți pentru îmbătrânirea accelerată: temperatura, câmpul și curentul electric.

Mod de lucru

S-au studiat cinci tipuri de componente semiconductoare: C1 — tranzistor PNP în capsulă TO 18, C2 — tranzistor NPN de RF în capsulă TO 39, C3 — tranzistor NPN de RF în capsulă TO 60, C4 — tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune și C5 — tranzistor MOS. Încercările de funcționare s-au efectuat pe 5...7 eșantioane (de câte 25 — 30 componente) pentru un tip de dispozitive. Fiecare eșantion a funcționat în anumite condiții U_i , I_i și T_i , $i = 1 \dots m$, unde $m = 5 \dots 7$, dar toate eșantioanele dintr-un tip de dispozitiv lucrind la aceeași P_{max} . Schema de

lucru este prezentată în tabelul 1 (pentru 7 eșantioane), în care $I_i > I_{i+1}$, $U_i < U_{i+1}$, $U_i \times I_i = P_{max}$, $i = 1 \dots m-1$, iar $T_1 < T_2 < T_3$ (temperatura ambiantă). Încercările au continuat până la defectarea a cel puțin 75% din componentele unui eșantion. Toate dispozitivele defectate au fost analizate cu metode electrice și fizice (microscop optic și SEM). Prelucrarea statistică a datelor s-a făcut pentru fiecare mecanism de defectare MD în parte, pe baza unei distribuții lognormale, cu t_m și σ ca parametri.

Rezultate și discuții

S-a studiat influența stressurilor electrice și termice asupra MD identificate.

Tabelul 1

U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	
E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	T_3
			E_6		T_2
					T_1
I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	

Scurtcircuitarea emitor-colector

Acest MD a apărut la C1, C2 și C3 și se manifestă printr-o caracteristică rezistivă $I_C = f(U_{CEO})$, în timp ce BV_{CEO} devine egală cu BV_{EBO} . Explicația este că la

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

difuzia E apar zone de difuzie preferențială care îngustează regiunea B (așa numitele „spikes”). În funcționare, la aplicarea tensiunii inverse CB, regiunea de sarcină spațială CB atinge „spike”-ul și conectează E la C. Verificarea experimentală s-a realizat prin constatarea independenței de tempera-

o anumită valoare-prag, care la C1 este de 10V, la C2 de 4V, iar la C3 încă nu a fost atinsă la 30V (fig. 1). Explicația este că lățimea regiunii de sarcină spațială CB depinde de U, defectările devenind importante atunci când această regiune atinge „spike”-ul din B.

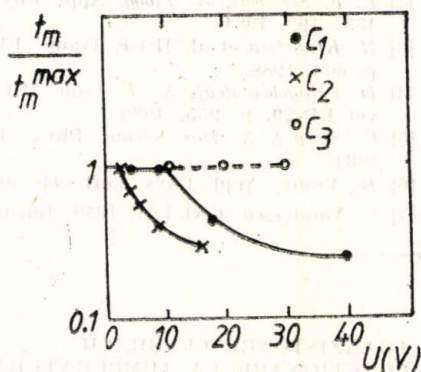


Fig. 1. Variația t_m cu U pentru C1, C2, C3.

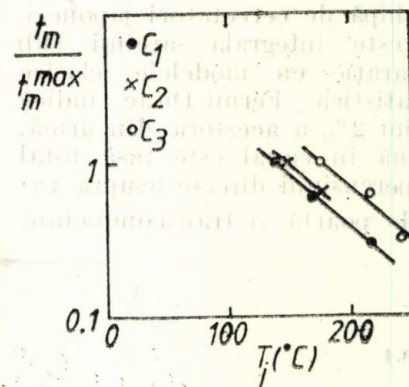


Fig. 2. Variația t_m cu T_j pentru C1, C2, C3.

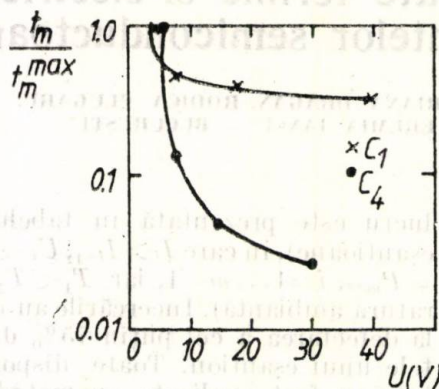


Fig. 3. Variația t_m cu U pentru C1 și C4.

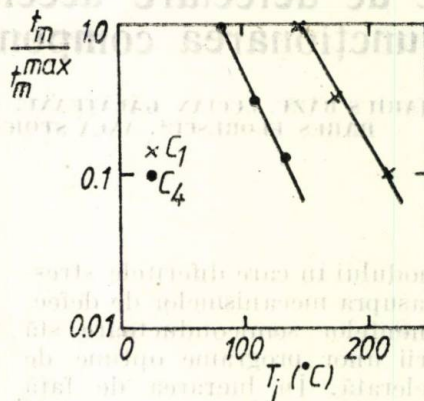


Fig. 4. Variația t_m cu T_j pentru C1 și C4.

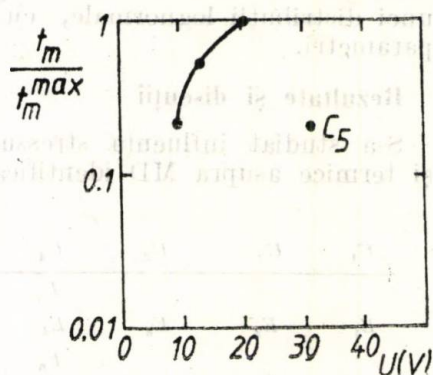


Fig. 5. Variația t_m cu U pentru C5.

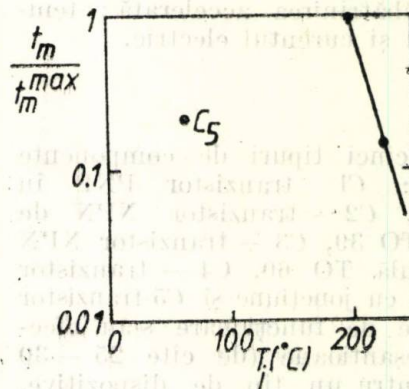


Fig. 6. Variația t_m cu T_j pentru C5.

tură a lui I_{CBO} [1]. Se remarcă accelerarea acestui MD de către temperatură după o lege Arrhenius (fig. 2). În ceea ce privește polarizarea electrică, MD este accelerat de U peste

Joncțiunea indusă de cîmp

Acest MD a apărut la C1 și C4, din cauza contaminării oxidului, care determină formarea unei sarcini pozitive în SiO_2 și goli-

rea/inversarea suprafeței siliciului P. Electric, fenomenul se manifestă prin forma specifică (de „canal”) a caracteristicii $I_{CEO} = f(U_{CE})$ la C1, $I_{GSS} = f(U_{GS})$ la C4 [2]. Dependența de temperatură a t_m este de tip Arrhenius (fig. 4), iar creșterea tensiunii aplicate accelerează acțiunea MD (fig. 3).

Canalul parazit

Acest MD a apărut la C5, fiind tipic tranzistoarelor MOS: se conectează sursa la drenă pentru tensiuni inferioare tensiunii de prag. Fenomenul este produs de conducția pe suprafața oxidului [3], fiind un MD accelerat termic (lege Arrhenius — fig.6) și de creșterea curentului I_D (fig. 5).

Pentru eșantioanele care au funcționat la diferite T_{amb} dar la aceeași U, I , legea Arrhenius se verifică. Eșantioanele care au funcționat la aceeași T_{amb} și P_d prezintă t_m diferite, în funcție de valorile U, I . Aceste rezultate impun reevaluarea relației Arrhenius, în sensul deducerii unei forme generalizate care să țină cont, pe lângă T_j , și de condițiile de polarizare electrică ale dispozitivelor semiconductoare.

Bibliografie

- [1] L. A. Wang. IEEE Tr. Electron. Dev., ED-21, p. 674, 1974.
- [2] A. S. Grove. Fizica și tehnologia dispozitivelor semiconductoare, Ed. Tehnică, 1973.
- [3] D. D. Forsythe. Microel. and Reliab., 8, p. 339, 1969.

CZ 620.193.7

BAZA EPITAXIALĂ
CORODARE MESA
TERMINAȚIE PLANARĂ

Tranzistoare de putere epibază cu terminație planară

TUDOR DUNCA, GEORGETA BĂNOIU, SORIN GEORGESCU, ION GHIȚĂ* — BUCUREȘTI

Introducere

Experiența tehnologică existentă și avantajele evidente ale tehnologiei planare fac atractivă convertirea în această direcție a fabricației tranzistoarelor de putere, la care, în mod tradițional, se utilizează corodarea mesa.

Această direcție, de „planarizare” a fost aplicată cu succes la IPRS, pe baza unor concepte originale, pentru realizarea unor tranzistoare de tensiune ridicată cu structura tripludifuzată [1] și multiepitaxială [2]. Lucrarea prezintă rezultatele obținute pe direcția introducerii terminației planare la tranzistoarele epibază, descrise în [3].

Structura propusă. Comparatie cu varianta mesa și cea „resurf”

O secțiune prin structura propusă (varianta NPN) este prezentată în figura 1. Diferența principală față de varianta mesa, folosită în prezent (fig. 2) constă în difuzia adâncă „de izolare” cu tipul de dotare similar cu cel al colectorului, difuzie care înlocuiește șanțul de corodare mesa.

Această structură planară, avînd o asemănare aparentă cu cea a unui tranzistor dintr-un circuit integrat, prezintă următoarele avantaje:

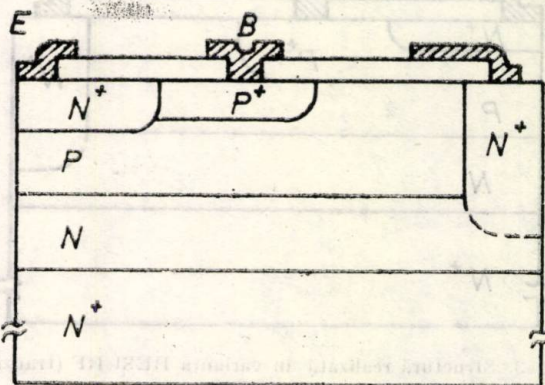


Fig. 1. Structura planară propusă (tranzistor NPN).

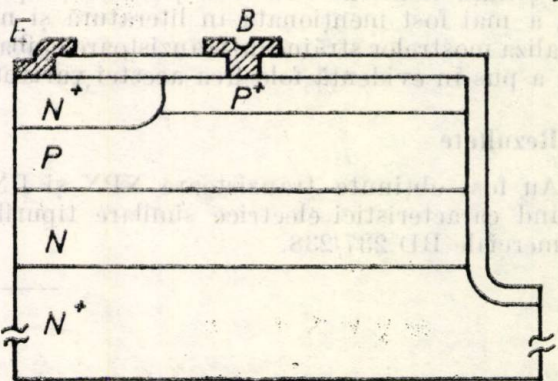


Fig. 2. Structură realizată în varianta MESA (tranzistor NPN).

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa.

— suprafața plană a plachetei ușurează procesele de fotograbură. În varianta mesa joncțiunea bază colector este de asemenea pasivată cu oxid termic, dar corodarea măștii de contacte, ulterioară oxidării de pasivare, constituie o operație critică, fiind necesară menținerea integrității oxidului din șanțul mesa.

— devine posibil controlul câmpului de suprafață cu ajutorul electrodului de câmp legat la potențialul de colector. Se îmbunătățește astfel stabilitatea caracteristicii de blocare a tranzistorului.

— se elimină corodarea mesa, proces relativ dificil. Ca dezavantaj, se poate aminti necesitatea unui proces suplimentar de fotograbură (în locul măștii de corodare mesa apar două măști suplimentare, cea pentru difuzia adincă și cea pentru difuzia de plusare a bazei). În același timp, calitatea măștilor și a proceselor de fotograbură devine mai critică, deoarece orice difuzie parazită (în special în timpul difuziei adinchi) duce la degradarea tensiunilor de străpungere ale tranzistorului. Varianta planară propusă se deosebește de procesul „RESURF” [2], [4] (fig. 3) prin aceea că, în cazul nostru stratul epitaxial de bază (p în cazul tranzistoarelor NPN), nu se golește pînă la suprafață la polarizarea inversă a joncțiunii colector-bază.

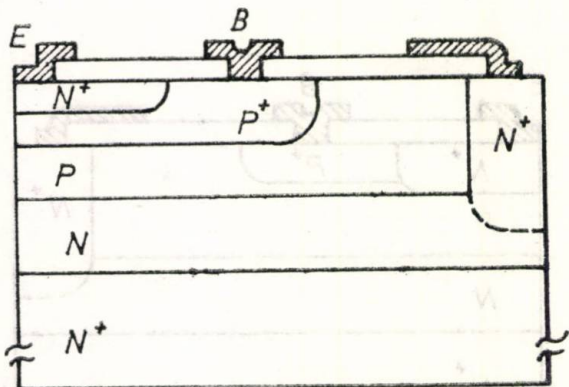


Fig. 3. Structură realizată în varianta RESURF (tranzistor NPN).

Cu știința noastră, structura planară propusă nu a mai fost menționată în literatură și nici analiza mostrelor străine de tranzistoare epibază nu a pus în evidență folosirea acestei variante.

Rezultate

Au fost obținute tranzistoare NPN și PNP având caracteristici electrice similare tipurilor comerciale BD 237/238.

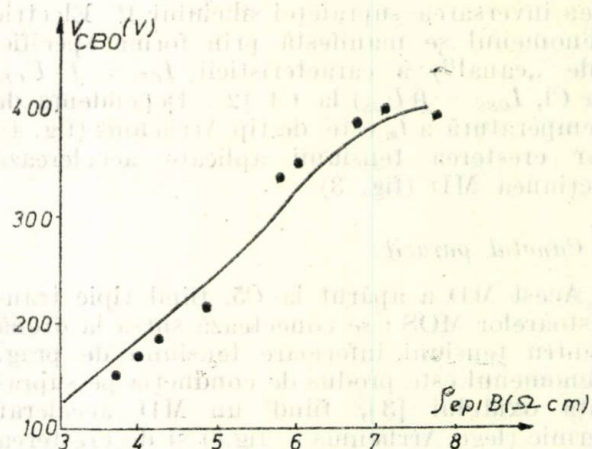


Fig. 4. Dependența tensiunii de străpungere V_{CBO} de rezistivitatea stratului epitaxial de bază ($x_{epiB} = 16,5 \mu m$; $x_{epiC} = 10 \mu m$; $\rho_{epi} = 9 \Omega \cdot cm$).

Specific variantei planare este faptul că străpungerea joncțiunii colector-bază are loc la interfața dintre stratul epitaxial de bază și difuzia de izolare. Figura 4 prezintă dependența tensiunii de străpungere V_{CBO} de rezistivitatea stratului epitaxial de bază (acest strat este de tip p , cu $x_{epi} = 16,5$ microni, iar cel de colector este de tip n , avînd $x_{epi} = 10$ microni și $\rho_{epi} = 9 \Omega \cdot cm$).

Se remarcă posibilitatea obținerii unor tensiuni V_{CBO} în gama 100 — 300 V, acoperitoare pentru clasa de tranzistoare vizată. De asemenea, se poate observa o tendință de limitare a tensiunii de străpungere cu creșterea rezistivității stratului epitaxial de bază. Un motiv al acestei limitări ar putea fi curbura liniilor echipotențiale în zona în care difuzia adincă intersectează limita de separare a celor două straturi epitaxiale.

Concluzii

Este propusă o variantă tehnologică planară originală pentru tranzistoarele epibază de putere. Avantajele față de varianta actuală, care folosește corodarea mesa, au fost confirmate de rezultatele experimentale.

Bibliografie

- [1] S. Georgescu ș.a. Solid -State Electronics, 29, p. 1035, 1986.
- [2] I. Ghiță ș.a. Lucrările CAS, p. 311, 1984.
- [3] T. Dunca ș.a. Lucrările CAS, p. 319, 1984.
- [4] J. A. Appels ș.a. Philips Res. J. 35, 1980, p. 1.

CZ 535.3:621.385.2

FOTODIODA
EFECTUL TEMPERATURII
RĂSPUNS SPECTRAL

Efectul temperaturii asupra răspunsului spectral al fotodiodelor realizate pe siliciu

ELENA BUDIANU, MUNIZER PURICA* — BUCUREȘTI

Introducere

Utilizarea fotodiodelor pe siliciu în sistemele de comunicații optice și în aparatura de măsură și control de precizie, impune pe lângă performanțe de sensibilitate și viteză de răspuns și o dependență cât mai slabă de temperatură a răspunsului spectral. Fiind cunoscută deplasarea pragului de absorbție al siliciului cu temperatura a fost mult studiată dependența de acest parametru a răspunsului fotodiodelor la lungimi de undă din vecinătatea pragului de absorbție și în domeniul temperaturilor joase (77K), [1]. Puțini autori [2] au efectuat măsurători de răspuns spectral la temperaturi pozitive și lungimi de undă scurte $\lambda < 0,6 \mu\text{m}$. Valorile experimentale raportate pentru descreșterea răspunsului spectral în acest domeniu diferă mult de la un autor la altul.

În lucrare se prezintă evaluarea teoretică și experimentală a influenței temperaturii în domeniul $20 \div 90^\circ\text{C}$ asupra răspunsului spectral al fotodiodelor pe siliciu realizate în CCSIT-CE.

Calculul răspunsului spectral dependent de temperatură

Experimental s-a constatat că în regiunea spectrală $\lambda > 0,6 \mu\text{m}$ răspunsul fotodiodelor pe siliciu crește cu temperatura în timp ce în domeniul $\lambda < 0,6 \mu\text{m}$ acesta scade cu creșterea temperaturii.

Răspunsul spectral reprezentat de responsivitatea fotodiodei la diverse lungimi de undă este constituit din răspunsul regiunii difuzate de tip p^+ , regiunii de sarcină spațială și al regiunii neutre de tip n . Pe baza modelului dat de autori în [3] s-a calculat responsivitatea $R = \eta\lambda/1240$ unde eficiența cuantică totală $\eta = \eta_n + \eta_p + \eta_{dr}$.

Mărimile dependente de temperatură din expresia eficienței cuantice sînt: coeficientul de absorbție (α) și lungimile de difuzie pentru purtătorii minoritari fotogenerați (L_n, L_p). Dependența de temperatură a coeficientului de absorbție în regiunea lungimilor de undă cu $\lambda > 0,6 \mu\text{m}$ este mai puternică decît la lungimi de undă scurte. Generarea optică în această regiune are loc prin tranziții indirecte cu participarea fononilor a

cărora distribuție este afectată de temperatură. Relația de calcul pentru $\alpha(\nu, T)$ în domeniul tranzițiilor indirecte este:

$$\alpha(\nu, T) = A(T) [h\nu - \tilde{E}_g(T)]^2 \quad (1)$$

$$\tilde{E}_g(T) = (1,156 - 5,025 \cdot 10^{-7} T^2) \quad (2)$$

$$A(T) = 1,28 \cdot 10^3 \coth \theta_1/2T + 1,13 \cdot 10^3 \coth \theta_2/2T \quad (3)$$

unde θ_1 și θ_2 sînt temperaturile Debye corespunzătoare energiilor fononilor care intervin în tranziții. $\theta_1 = 212\text{K}$ și $\theta_2 = 627\text{K}$ sînt valorile determinate experimental în [4].

Pentru domeniul lungimilor de undă scurte fiind predominante tranzițiile directe α depinde de temperatură numai prin intermediul lărgimii benzii interzise. S-a calculat cu relația:

$$\alpha(\nu, T) = \alpha(\nu, 300\text{K}) [(h\nu - E_{gT})/h\nu - E_{g300K}]^{1/2}, \quad (4)$$

luînd în considerare pentru variația lărgimii benzii interzise cu temperatura coeficientul $4 \cdot 10^{-4} \text{ eV}/^\circ\text{C}$ [1].

Lungimea de difuzie în regiunea neutră de tip n s-a calculat folosind valorile timpului de viață și dependența mobilității în funcție de temperatură din [5, 6]:

$$T_n = T/300, L_p = [(kT/q) \mu_p \delta_p]^{1/2} \quad (5)$$

$$\mu_p = 54,3 \cdot T_n^{-0,57} + \frac{1,36 \cdot 10^8 \cdot T^{-2,23}}{1 + [N/(2,35 \cdot 10^{17} \cdot T_n^{2,4})] 0,88 \cdot T_n^{-0,146}}.$$

Pentru regiunea difuzată a cărei contribuție devine importantă la lungimea de undă $\lambda < 0,7 \mu\text{m}$ răspunsul este afectat de valoarea raportului lungimii de difuzie la adîncimea de pătrundere a radiației (L_n/α^{-1}). În figura 1 sînt trasate curbele teoretice ale răspunsului spectral pentru temperatura camerei și la 90°C . Parametrii de structură luați în calcul corespund fotodiodei rapide de tip PIN polarizată cu 25V pe care s-au efectuat măsurătorile. Aceștia sînt $x_{epi} = 50 \mu\text{m}$, $x_j = 1 \mu\text{m}$, $N_s = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, $\rho_{epi} = 90 \Omega\text{cm}$.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

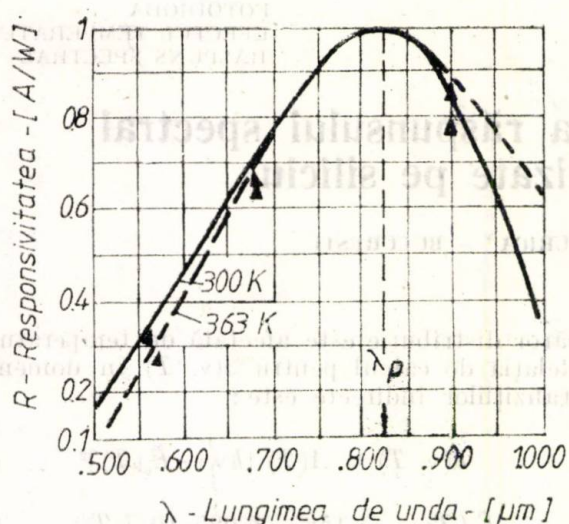


Fig. 1. Curbele teoretice ale răspunsului spectral la temperaturile 300 K și 363 K pentru o fotodiodă rapidă de tip PIN. Δ — reprezintă punctele experimentale.

Se observă scăderea responsivității la $\lambda < 0,7 \mu m$ și creșterea la $\lambda > 0,85 \mu m$. Pe intervalul $0,7 \div 0,85 \mu m$ dependența răspunsului fotodiodei de temperatură este slabă, acesta constituind un domeniu de lucru recomandat din punctul de vedere al funcționării la temperaturi pozitive.

Aranjament experimental și rezultate

Măsurătorile asupra răspunsului spectral au fost efectuate la temperatura camerei și la $90^\circ C$ utilizând o cameră climatică cu precizia de $\pm 1^\circ C$ în stabilizarea temperaturii și cu acces pentru cablurile electrice și optice. Radiația incidentă pe dispozitiv a fost transmisă printr-un cablu optic, iar fotocurentul a fost

măsurat cu un electrometru Keithley. Pentru a studia sensul de variație al fotocurentului cu temperatura s-a urmărit în special răspunsul unor fotodiode rapide de tip PIN, cu parametrii menționați anterior, la lungimile de undă: $0,9 \mu m$; $0,66 \mu m$; $0,56 \mu m$, emise de diode electroluminescente.

În figura 1 sînt trecute punctele experimentale corespunzătoare măsurărilor. La $\lambda = 0,56 \mu m$ răspunsul este micșorat cu 16% față de răspunsul la temperatura camerei, iar creșterea observată la $\lambda = 0,92 \mu m$ a fost de 10,3%. La $\lambda = 0,66 \mu m$ practic fotocurentul nu s-a modificat la $90^\circ C$.

Concluzii

S-a stabilit un mod de calcul al influenței temperaturii asupra răspunsului spectral al fotodiodelor rapide pe siliciu. Introducerea dependenței de temperatură a coeficientului de absorbție și a parametrilor fizici ai structurii explică modificarea în domeniul $\lambda < 0,7 \mu m$ a sensului de variație a răspunsului spectral determinat de $\alpha(T)$.

Modul de calcul utilizat permite proiectarea dispozitivelor astfel ca variația cu temperatura a răspunsului pe domeniul de lungimi de undă de funcționare să fie minimă.

Bibliografie

- [1] G. Mac Farlane, ș.a. Phys. Rev., vol. 111, nr. 5, 1958.
- [2] A. Agarwala, ș.a. Solid-State Electr., vol. 23, 1980.
- [3] E. Budianu, M. Purica, ș.a. E.E.A., nr. 1, p. 29, 1983.
- [4] B. N. Brockhouse, Phys. Rev. Lett., vol. 2, p. 256, 1959.
- [5] F. A. Lindholm, ș.a. J. Appl. Phys., vol. 47, p. 4203, 1976.
- [6] N. Arora, ș.a. IEEE Trans. El. Dev., vol. ED-29, nr. 2, 1982.

CZ 538.551:621.317.3

DEFECTE
GETTERARE
CIRCUITE INTEGRATE

Tratamente de getterare intrinsecă în procesarea circuitelor integrate bipolare

ADRIAN VERON *, RADU ZAMFIR **, ADRIAN OANEA **,

MAGDA BOTEA ***, ECATERINA BLIDARU ***, ANCA BRĂDEANU *, MARIANA STANCIU * — BUCUREȘTI

Introducere

În lucrare sînt prezentate cîteva variante de inserare a tratamentelor de getterare intrinsecă (GI) în procesarea circuitelor integrate bipolare. Eficiența acestora este analizată în funcție de relieful termic parcurs și de injecția de interstițiali/vacanțe în etapele de oxidare-difuzie.

Procedura experimentală

S-au utilizat plachete de siliciu CZ cu grosimea 300 μm , provenite dintr-un singur lingou de diametru 50 mm, orientare (111), dopat cu bor (7–12 Ωcm). Plachetele au fost împărțite în cinci grupe și procesate în paralel conform tabelului 1. Tratamentele de nucleere-creștere

Tabelul 1

Etapă proces bipolar	Relief termic $T(^{\circ}\text{C})/t(\text{h})$	Grupa				
		0	1	2	3	4
Exdifuzie O_1	1200/4	—	GI ₁	—	—	GI ₁
TCN ₁	700/16 + 1000/8	—	GI ₁	—	—	GI ₁
Oxidare 1	1050/6					
Strat îngropat	1200/40					
Epitaxie	1170/0,5					
TCN ₂	700/16 + 1000/8	—	—	GI ₂	—	GI ₂
Oxidare 2	1050/6					
Zid izolare	1200/4					
Puț colector	1200/4					
TCN ₃	700/16 + 1000/8	—	—	—	GI ₃	GI ₃
Oxidare 3	970/6					
Bază	1200/1					
Emitor	1050/2					

(TCN) [1] au fost efectuate în $\text{N}_2-10\% \text{O}_2$, expandarea precipitatelor SiO_x continuînd în etapele de oxidare ulterioare. Concentrația oxigenului interstițial din cristalele de siliciu a fost măsurată prin spectroscopie IR [2] pe plachete care au înregistrat relieful termic, dar nu au fost dopate cu Sb, B sau P în operațiile de predifuzie.

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa.

** Institutul Politehnic — București.

*** Institutul de Cercetare și Proiectare pentru Materiale Semiconductoare — București.

Evoluția defectelor cristalografice pe suprafața și în volumul plachetelor a fost urmărită prin clivare și revelare cu soluția Wright 1 min. În finalul procesului s-a determinat distribuția tensiunilor $V_{\text{CBO}}/10 \mu\text{A}$ pentru un tranzistor de putere din circuitul integrat testat.

Rezultate

Precipitarea oxigenului interstițial de-a lungul etapelor de proces este prezentată în figura 1. Tratamentele GI_1 determină o precipitare puternică, care se menține pînă în finalul procesului, accentuîndu-se ușor pentru grupa 4.

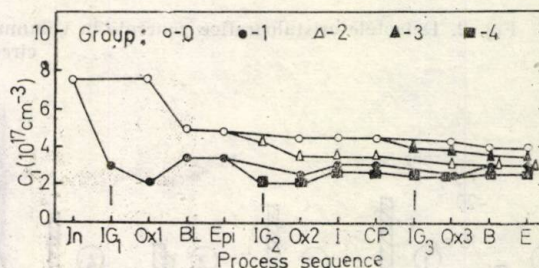


Fig. 1. Curbele de precipitare a oxigenului interstițial.

În cazul grupelor 0, 2 și 3 oxigenul a precipitat sensibil în timpul difuziei stratului îngropat, TCN ulterioare avînd un efect mai redus. Microdefectele prezente în volum în finalul procesului sînt indicate în figura 2 pentru plachete supuse numai reliefului termic (a), respectiv pentru plachete cu circuite integrate (b). Se constată că difuziile (efectuate după oxidarea 2) au contribuit la redizolvarea precipitatelor SiO_x și a defectelor asociate, probabil prin perturbarea concentrațiilor de interstițiali/vacanțe din cristal [3]. Distribuția tensiunilor V_{CBO} (fig. 3) indică totuși prezența unor efecte de getterare intrinsecă mai ales pentru grupele 1, 2, 4 la care TCN au fost efectuate în fazele inițiale ale procesului. La aceste grupe densitatea defectelor din stratul epitaxial este mult redusă față de grupele 0 și 3 (fig. 4).

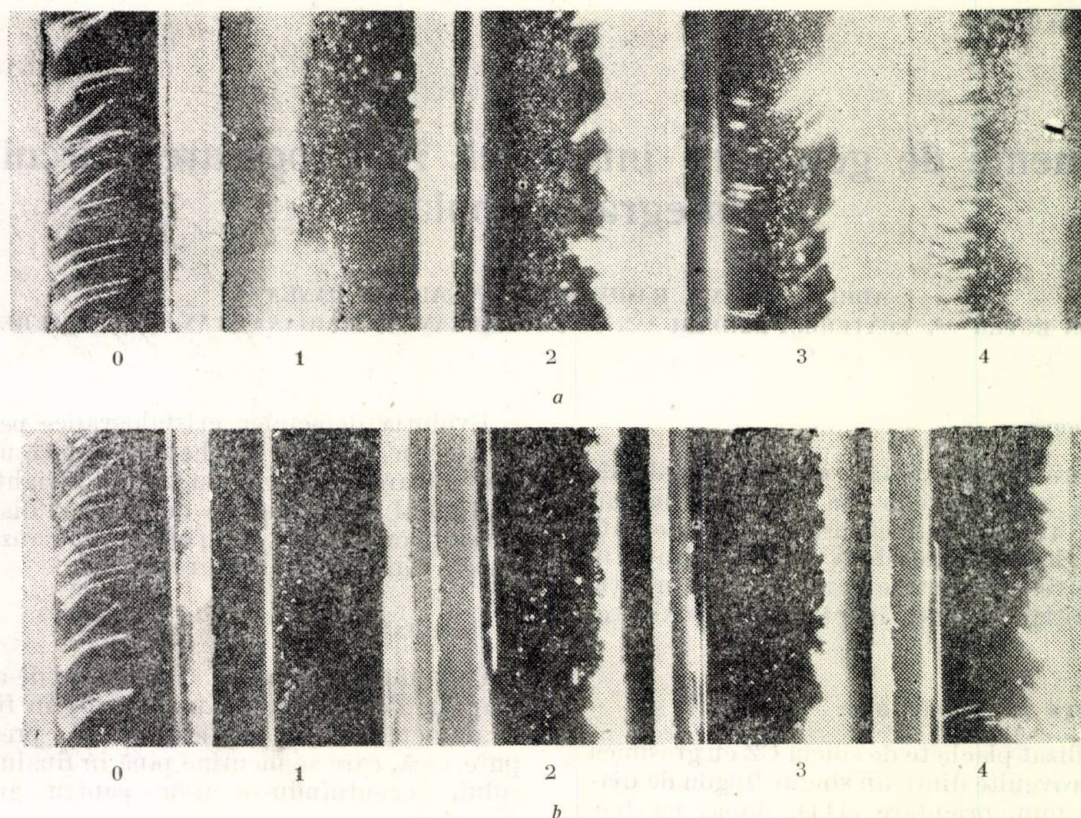


Fig. 2. Defectele cristalografice generate în volumul plachetelor: (a) plachete nedopate cu Sb, B, P, (b) plachete cu circuite integrate.

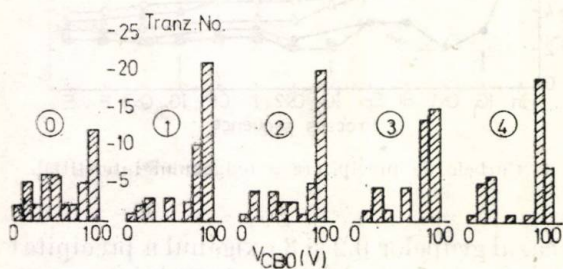


Fig. 3. Distribuția tensiunilor de străpungere pe un tranzistor de putere din circuitul integrat testat.

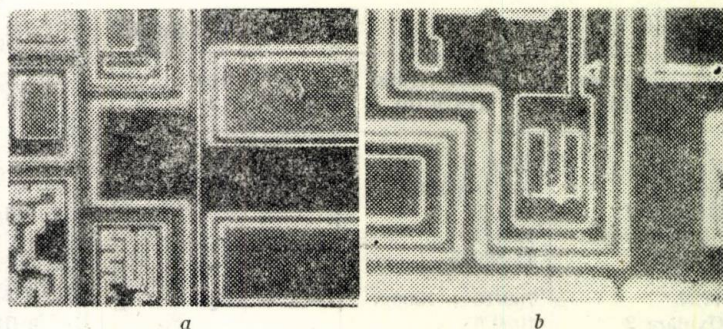


Fig. 4. Defectele cristalografice din stratul epitaxial: (a) grupa 1; (b) grupa 0.

Concluzii

S-a analizat posibilitatea aplicării getterării intrinseci în realizarea circuitelor integrate bipolare prin cuplarea TCN cu oxidările termice specifice procesului. S-a constatat că eliminarea defectelor cristalografice din stratul epitaxial este posibilă prin dezvoltarea precipitatelor

SiO_x în fazele inițiale ale procesului, de preferință înaintea difuziei stratului îngropat.

Bibliografie

- [1] A. Veron ș.a. Lucrările CAS, p. 228, 1986.
- [2] M.M. Botea, E. Blidaru. Lucrările CAS, p. 383, 1986.
- [3] J.W. Medernach ș.a. Semic. Intern., p. 106, 1987.

CZ 577.158:513.5

OXIDARE TERMICĂ
POLISILICIU
CONSTANTA CREȘTERII PARABOLICE
CONSTANTA CREȘTERII LINIARE

Cinetica de creștere a oxizilor de polisiliciu

RUXANDRA BĂNTOIU, VIOREL AVRAMESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

Straturile de polisiliciu dopat sînt extensiv folosite de tehnologiile moderne de realizare a CI-LSI. Utilizat ca prim nivel de interconexiuni, polisiliciul trebuie pasivat fie prin acoperire cu oxid CVD, fie prin creșterea unui oxid termic. Lucrarea de față își propune să realizeze un studiu asupra cineticii de creștere al oxidului termic pe polisiliciu.

Descrierea experimentului

Pe plachete de Si (111) de tip *p*, 8–12 ohm. cm, acoperite cu un oxid termic de 0,12 μm s-a depus polisiliciu prin CVD la temperatura de 800–850°C. Pentru determinarea grosimii filmului s-a corodat polisiliciul și s-a măsurat înălțimea „step”-ului astfel format. Grosimea stratului a fost cuprinsă între 0,5÷0,6 μm.

S-a studiat cinetica creșterii oxidului atât pe polisiliciu dopat cu fosfor cît și pe polisiliciu nedopat. Impurificarea cu fosfor a fost realizată la temperatura de 1000°C timp de 50 min obținindu-se o rezistență pe patrat cu valoarea cuprinsă între 8÷13 Ω/□. S-a urmărit realizarea unei dopări cvasiconstante pe întreaga grosime, lucru pus în evidență de măsurătorile de rezistivitate efectuate pe filme cu grosimi din ce în ce mai mici, obținute prin corodarea controlată a polisiliciului.

Oxidarea termică a fost realizată atât în O₂ uscat cît și în vapori la temperaturile de 900°C, 1000°C și 1200°C pe durate cuprinse între 10 minute și 3 ore. Grosimea oxizilor a fost măsurată cu ajutorul unui profilometru după ce, anterior, ei fuseseră corodați prin masca de foto-rezist.

Rezultate experimentale și discuții

Pe baza măsurătorilor s-au trasat graficele $x_{ox} = f(t)$. Curbele obținute au fost approximate cu un polinom de forma:

$$t = a_0x^2 + a_1x + a_2; \quad t = \text{timp}, \quad x = \text{grosime oxid.}$$

Folosind un program pentru rezolvarea sistemelor de ecuații liniare, s-au determinat coeficienții polinomului pentru fiecare caz în parte

și, prin prelucrări ulterioare, s-au obținut valorile pentru constanta creșterii liniare și pentru constanta creșterii parabolice. S-a ales acest mod de lucru față de altele posibile [1, 2] deoarece am considerat că este mai bine adaptat la aranjamentul nostru experimental.

Rezultatele obținute pentru constantele de creștere ale oxidului sînt trecute în tabelul 1.

Tabelul 1

Sinteza experimentelor

Proba	Temp. de oxidare (°C)	B(cm ² ·s ⁻¹)	$\frac{B}{A}$ (cm s ⁻¹)
Polisiliciu dopat	900 (vap)	3×10^{-13}	$9,26 \times 10^{-9}$
Polisiliciu nedopat	900 (vap)	$2,6 \times 10^{-13}$	$5,25 \times 10^{-9}$
Polisiliciu dopat	1000 (vap)	5×10^{-13}	$1,17 \times 10^{-8}$
Polisiliciu nedopat	1000 (vap)	$2,77 \times 10^{-13}$	$8,3 \times 10^{-9}$
Polisiliciu dopat	1200 (vap)	$1,5 \times 10^{-12}$	$1,57 \times 10^{-8}$
Polisiliciu nedopat	1200 (vap)	4×10^{-13}	$9,26 \times 10^{-9}$
Polisiliciu dopat	1000 (O ₂)	$2,1 \times 10^{-14}$	4×10^{-10}
Polisiliciu nedopat	1200 (O ₂)	$1,1 \times 10^{-13}$	$1,4 \times 10^{-9}$

Figurile 1, 2 prezintă modul de variație al grosimii oxidului funcție de timp pentru fiecare caz în parte. Totodată s-au trasat și curbele care aproximează cel mai bine (polinomul de interpolare) modul de dispunere al punctelor experimentale.

Analizînd aceste rezultate pe baza modelului de oxidare Grove-Deal și ținînd cont de structura filmelor de polisiliciu („grăunțos”), se poate spune că, în special, la temperaturi înalte (1000, 1200°C), viteza de creștere a oxidului este controlată de viteza de reacție la interfața SiO₂/polisiliciu. Valorile mai mici obținute pentru constanta *B* (față de cazul oxidării siliciului monocristalin) pun în evidență un oxid cu o structură mai puțin compactă și prin urmare și creșterea acestuia este mai puțin controlată de difuzia speciei oxidante. Modul de variație al constantelor *B/A* și *B* în funcție de condițiile de oxidare este arătată în figurile 3 și 4.

Doparea puternică a polisiliciului (fig. 1 și 2) dă naștere la un exces de atomi interstițiali care determina creșterea reacției de oxidare la inter-

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

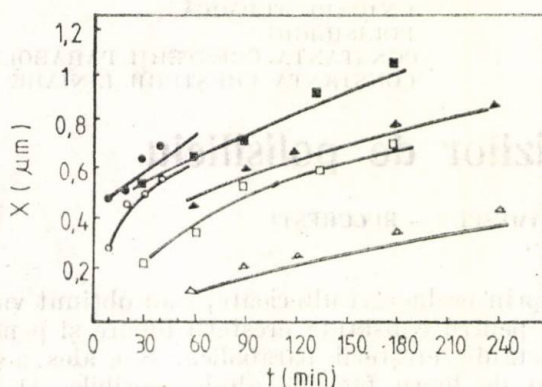


Fig. 1. Variația grosimii oxidului cu timpul de oxidare pt. oxidare umedă:

- Polisiliciu dopat (1200° C)
- Polisiliciu nedopat (1200° C)
- Polisiliciu dopat (1000° C)
- Polisiliciu nedopat (1000° C)
- ▲ Polisiliciu dopat (900° C)
- △ Polisiliciu nedopat (900° C)

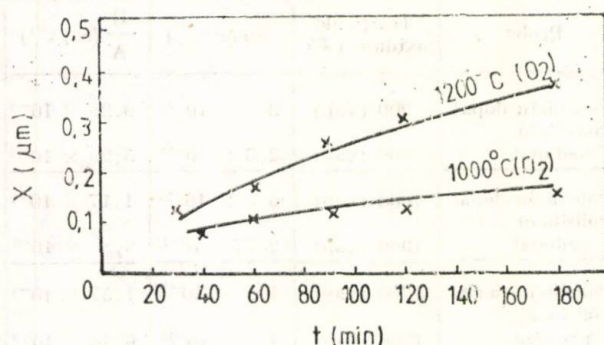


Fig. 2. Variația grosimii oxidului cu timpul de oxidare pentru polisiliciu dopat.

fața SiO_2/Si și deci mărirea vitezei de creștere a oxidului [3, 4]. Această creștere a vitezei de oxidare, respectiv a valorii constantei B/A , este de același ordin de mărime ca și în cazul siliciului monocristalin [5].

Concluzii

S-a analizat cinetica de creștere a oxizilor termici pe polisiliciu în domeniul de temperaturi 900–1200 °C. S-au interpretat rezultatele pe baza modelului de oxidare Grove-Deal și s-a găsit că valoarea constantei B este mai mică decât în cazul oxidării siliciului monocristalin pe cînd valoarea constantei B/A este mai mare.

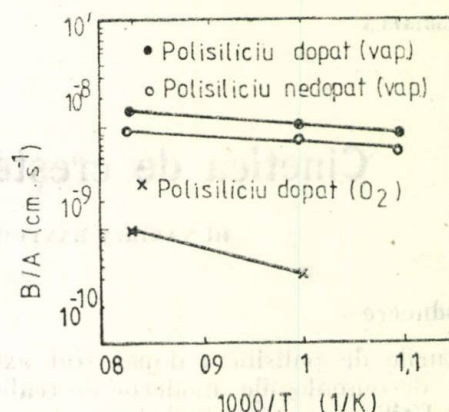


Fig. 3. Variația ct. de creștere liniară cu temperatura.

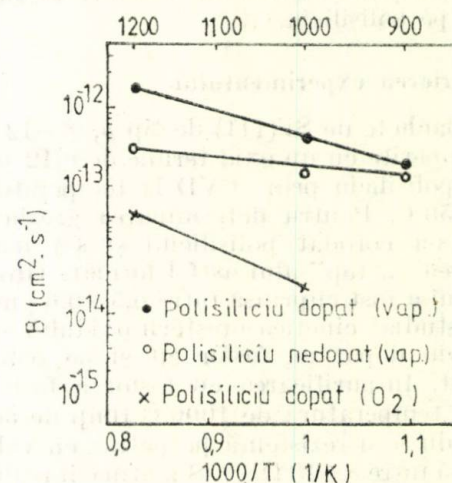


Fig. 4. Variația ct. de creștere parabolică cu temperatura.

Polisiliciul dopat cu fosfor determină o creștere remarcabilă a vitezei de oxidare, fenomen similar celui observat pentru siliciu monocristalin.

Bibliografie

- [1] H. Z. Massoud, J. D. Plummer, E. A. Irene, J. of Electrochem. Soc., vol. 132, nr. 7, (1985).
- [2] C. Y. Hu, T. S. Tsai, J. of Electrochem. Soc., vol. 133, nr. 2 (1986).
- [3] H. Sunami, J. of Electrochem. Soc., vol. 125, nr. 6, (1978).
- [4] T. Kamins, J. of electrochem. Soc., vol. 126, nr. 5, (1979).
- [5] C. P. Ho, J. D. Plummer, J. of Electrochem. Soc., vol. 126, nr. 9, (1979).

CZ 538.551.2:539.2

STRUCTURI TEST
CIRCUITE INTEG PAT

Masca test pentru producția de circuite integrate

SORIN NEGRU, ALEXANDRU DANELIUC* — BUCUREȘTI

Introducere

Masca test a fost creată în scopul utilizării curente pe linia de producție C.I. a IPRS-Băneasa, în condițiile în care linia începe să devină uzată fizic și moral, iar cantitatea de informații de care tehnologii și proiectanții au nevoie pentru a o menține în parametri crește continuu.

Proiectarea măștii test

Proiectarea a fost făcută în condițiile achiziției unui sistem automat de calificare, permițând achiziția de date și comanda unei mașini automate de tip tri-plachetă. În aceste condiții, a fost adoptată o structură modular-repetitivă, ce poate fi explorată în totalitate, sau doar parțial; masca conține 8 module, fiecare modul având 12 paduri de contactare.

Masca a fost concepută pentru a fi utilizată atît în fluxul de CI liniare, cit și în cel de CI logice, permițind de asemenea testarea unor structuri specifice — super- β , Bi-FET, I^2L , Schottky.

Modulele 1, 4 și 5 conțin structuri Van der Paw pentru fiecare etapă tehnologică: strat îngropat, epitaxie, pinch epi, bază, emitor, pinch bază, bază săracă și rezistențe de contact pe bază de emitor.

Modulul 2 este compus din 4 tranzistoare, două NPN, unul de arie mică celălalt de arie mare, unul PNP lateral, și unul PNP de substrat.

Modulul 3 are în componență rezistențe, de diverse lungimi și realizate prin difuzie, (permițind un control electric al supragravurii), și un număr de diode Zener.

Modulul 6 conține structuri de tranzistori realizați în tehnologii super- β , bi-FET, I^2L și Schottky.

Modulu 7, cuprinde două porți NAND cu două intrări, realizate în tehnologii TTL standard și TTL-LPS.

Modulul 8 este format din structuri de verificare a alinierii SI-TI, structuri de verificare a alinierii BA-TI, ca și structuri de verificare a continuității traseelor de Al. Structurile pentru verificarea alinierii sint prezentate în figura 1.

Structurile de control al metalizării au avut în vedere introducerea la IPRS Băneasa a tehnologiei cu dublă metalizare. În această idee

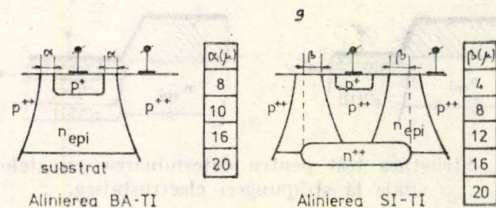


Fig. 1. Structură test pentru verificare alinierii.

au fost realizate structuri pentru verificarea continuității unui traseu de Al_1 și de Al_2 , structuri pentru detecția scurtcircuitului Al_1-Al_2 , a rezistenței de contact dintre cele două straturi de metalizare, precum și a capacității parazite dintre cele două metalizări (fig. 2).

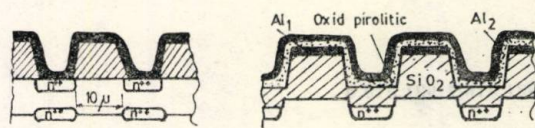


Fig. 2. Structură test pentru verificarea continuității, detecției scurtcircuitului, a rezistenței de contact și a capacității parazite.

În afara acestor module, masca test mai conține o serie de structuri distribuite în spațiul liber dintre module. Sint structuri ce nu fac obiectul unor măsurători permanente, dar pot oferi multe informații privind starea tehnologiei.

Structura test pentru detecția stratului parazit de tip „p” — a apărut din necesitatea explicării unor deficiențe ivite la anumite loturi. În acel moment s-a presupus că defectul ar fi datorat unui strat parazit de tip „p”, aflat undeva în volumul chesonului și apărut fie ca o exdifuzie a stratului îngropat, fie ca o difuzie parazită cauzată de un oxid prea subțire. O secțiune prin structură este prezentată în figura 3.

Stratul este pus în evidență de o rezistență de valoare redusă măsurată, funcție de adâncimea stratului, între punctele A—B, C—D, sau D—E.

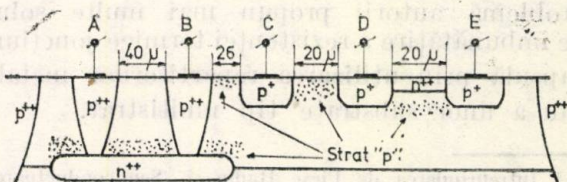


Fig. 3. Structură test pentru detecția stratului parazit de tip p.

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare—Băneasa.

Structurile test pentru determinarea punctelor sensibile la străpungeri electrostatice au fost proiectate în ideea că punctele sensibile electrostatice se află pe conturul difuziilor, unde oxidul, datorită treptei, este mai subțire. În acest scop au fost simulate unele situații (fig. 4). critice din punct de vedere al străpungerii electrostatice.

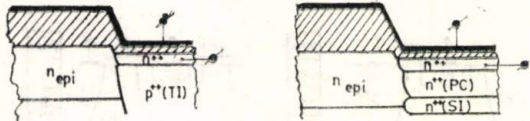


Fig. 4. Structura test pentru determinarea punctelor sensibile la străpungeri electrostatice.

Exploatare

Sistemul automat neavînd un soft-ware dedicat acestei aplicații, a fost demarată și activitatea de elaborare a unor programe specifice, destinate atît problemelor curente, cît și situațiilor neprevăzute ce impun o caracterizare specială. Structura pachetului de programe este prezentată în figura 5.

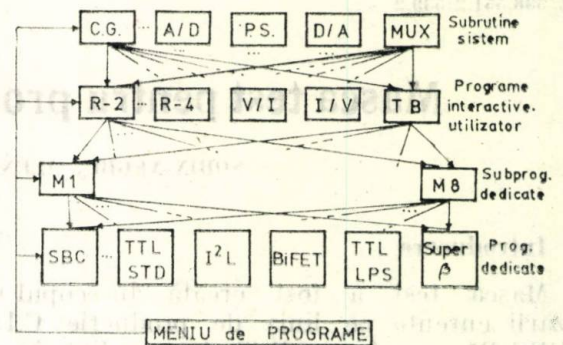


Fig. 5. Structura test a pachetului de programe.

Concluzii

Astfel structurată și cu un set de programe adecvat, noua mască test constituie un puternic instrument de urmărire și control al procesului tehnologic. Ea poate oferi soluții la marea majoritate a problemelor ce apar într-o linie de producție a circuitelor integrate.

CZ 621.316.7:621.319.5

MONTAJ PE SUPRAFAȚĂ
REGULATOR DE PUTERE HIBRID

Regulator de putere hibrid, montat în tehnologie SM

ADRIAN ALBU *, ELENA ROMANESCU *, MIRCEA ROMANESCU *,
NICOLAE DUMBRĂVESCU ** — BUCUREȘTI

Introducere

Lucrarea prezintă realizarea unui regulator de putere hibrid (cu triac), utilizînd componente de tip SMC (componente pentru montaj pe suprafață) și o tehnologie de montaj de tip SM (montaj pe suprafață). Circuitul hibrid realizat se încadrează în clasa circuitelor hibride de putere (putere disipată: 20W, tensiune alimentare: 220 V c.a.). Clasa de circuite hibride de putere în discuție pune ca problemă subîncărcarea componentei active de putere din cauza limitării impuse de rezistența termică joncțiune-capsulă $[P_{disipată} = (T_{jmax} - T_{capsulă}) \times R_{thj-c}^{-1}]$, unde T_{jmax} și T_A sînt impuse. La această problemă autorii propun mai multe soluții de îmbunătățire a rezistenței termice joncțiune-capsulă prin utilizarea repartitorilor metalici sau a unor substrate tip multistrat.

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa.

** Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

Regulatorul de putere hibrid RPH-10 (schema electrică, performanțe)

Schema electrică de principiu a regulatorului de putere este clasică, și se prezintă în figura 1. Componenta realizată prezintă la exterior 3 conexiuni: anod, catod și P (potențiometrul exterior). Puterea disipată de regulator este funcție de unghiul de conducție θ_c , avînd valoarea maximă de 20 W. Regulatorul de putere poate fi folosit la reglarea puterii pentru sarcini de pînă la 2 kW prin variația unghiului de conducție θ_c între $\theta_{cmin} = 36^\circ$ și $\theta_{cmax} = 180^\circ - 18^\circ$.

Tehnologia de montaj pe suprafață

Vederea generală a regulatorului de putere hibrid RPH-10 prezentată în figura 2 pune în evidență elementele componente ale circuitului: rezistențe și condensatori tip cip, cipul pasivat cu sticlă și metalizat al triacului, diacul în capsulă de plastic DO41, radiatorul de cupru nichelat, substratul de alumina care izolează circuitul de radiator.

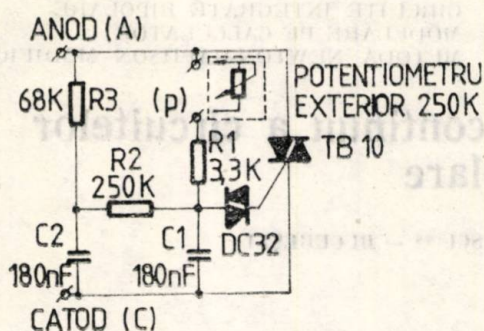


Fig. 1. Schema electrică a regulatorului de putere hibrid RPH-10.

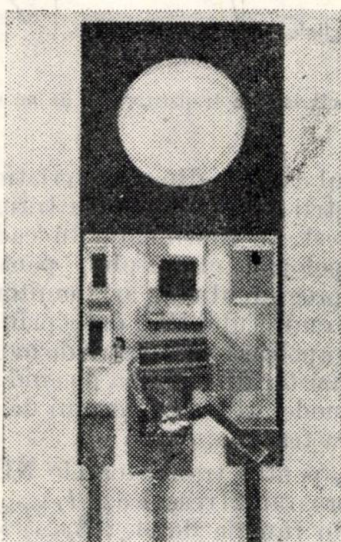


Fig. 2. Vedere generală a regulatorului de putere hibrid montat pe suprafață (RPH-10).

Lipirea cu aliaj de sudură LP60 a componentelor și conexiunilor din cupru pe substratul metalizat prin serigrafie (pastă Ag sau PdAg), precum și lipirea substratului pe radiatorul din cupru nichelat se efectuează într-o singură etapă de montaj pe banda unui cuptor cu atmosferă de hidrogen [1]. Componenta astfel montată se încapsulează în rășină prin mulare sau turnare.

Montarea componentei active de putere

Prin interpunerea substratului de ceramică între componenta activă de putere și radiator, R_{thj-c} crește față de R_{thj-c} al componentei montată direct pe radiatorul din cupru [2]:

$$(1) \quad R_{thj-c(Si-Al_2O_3-Cu)} \approx 3,8 \times R_{thj-c(Si-Cu)}.$$

În cazul în care între cip și substratul de alumina se introduce un repartitor din cupru (fig. 3), relația este următoarea:

$$(2) \quad R_{thj-c(Si-Cu-Al_2O_3)} \approx 1,7 \times R_{thj-c(Si-Cu)}.$$

Cu scopul optimizării rezistenței termice la montajul cu repartitor s-au plasat mici cipuri pasivate de diode ca în figura 3 pentru a furniza informații legate de temperatura locală (varia-

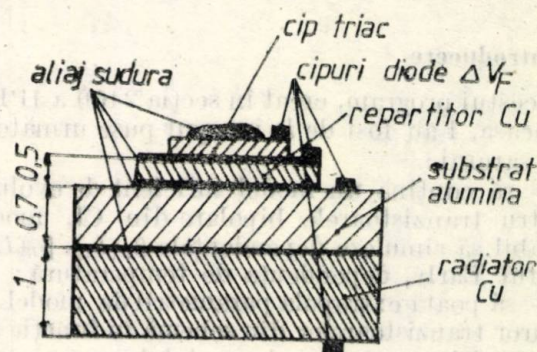


Fig. 3. Montarea componentei active de putere pe substrat.

ția $V_F = V_F(T)$). Utilizându-se un substrat multistratificat experimental de tipul izolator-metal-izolator s-a găsit relația:

$$(3) \quad R_{thj-c(Si-Al_2O_3-Al-Al_2O_3)} \approx 1,2 \times R_{thj-c(Si-Cu)}.$$

Acest tip de substrat s-a realizat prin procedeul de anodizare aplicat radiatorului de aluminiu în urma căruia se realizează la suprafața radiatorului un strat de Al_2O_3 izolator gros de aproximativ $100 \mu m$ și care se străpunge la peste 1000 V.

Concluzii

Utilizând procese de montaj de capacitate mare (serigrafie, cuptor pasaj) și evitând limitările și neajunsurile impuse de sudura firelor pe cipuri sau lipirea cipurilor cu rășini, tehnologia de montaj pe suprafața propusă pentru dispozitivele hibride de putere impune un preț de cost mai scăzut, un grad de versatilitate ridicat (posibilități nelimitate de utilizare a diferitelor tipuri de aliaje, substraturi, componente diverse etc.) și o fiabilitate mai ridicată față de variantele hibride clasice. Se remarcă, de asemenea, deschiderea unor largi perspective de utilizare a substratelor multistrat ($Al_2O_3-Al-Al_2O_3$) la circuitele hibride de putere.

Bibliografie

- [1] E. Romanescu ș.a. — Lucrările CAS'86.
- [2] John Parry — Hybrid Circuit Technology, p. 37, May 1986.

CZ 538.55:681.92

CIRCUITE INTEGRATE BIPOLARE
MODELARE PE CALCULATOR
METODA NEWTON-RAPHSON MODIFICATĂ

Program de analiză în curent continuu a circuitelor integrate bipolare

EMIL LAMBRACHE *, NICOLAE MARINESCU ** — BUCUREȘTI

Introducere

Acestui program, creat în secția 2400 a IPRS Băneasa, i-au fost de la început puse următoarele sarcini:

— să conțină un model suficient de evoluat pentru tranzistoarele bipolare din CI, model capabil să simuleze dependențele $\beta_F(I_E)$, $\beta_R(I_C)$, efectul Early, dependența de temperatură;

— să poată extrapola parametrii de model ai tuturor tranzistoarelor din schemă în funcție de lay-outul lor, avînd ca bază datele experimentale măsurate pe masca-test, acest proces de extragere și de extrapolare de parametri de model trebuind să fie transparent pentru utilizator;

— să fie puternic interactiv, permițînd reanalize care țin cont de dispersia tehnologică, de variația temperaturii;

— să poată furniza grafic dependența oricărui curent sau tensiune din schemă față de oricare parametru tehnologic, electric sau de lay-out.

După un an de zile de rulare programul a ajuns la varianta a IV-a, stadiu în care îndeplinește „asimptotic” nu numai obiectivele de mai sus ci și obiectivul fundamental de a converge „fără probleme” pe oricare circuit.

Aplicația de mai sus trebuie înțeleasă în sensul că pe măsură ce modelul de tranzistor se complică, viteza și domeniul de convergență tind să se micșoreze, cerîndu-se deci un algoritm matematic mai evoluat. În această ordine de idei, trebuie amintit că datorită dependenței $\beta_F(I_E)$, modelul de tranzistor se formează de fapt în funcții definite implicit, a căror explicitare, plus „potrivirea” în schemă a hărții de curenți și tensiuni, trebuie să fie asigurate de algoritm.

Extragerea și extrapolarea parametrilor de model

Într-o primă etapă, programul cere datele experimentale referitoare la patru caracteristici ale unui tranzistor de pe masca test: $\beta_F(I_E)$, $\beta_R(I_C)$, $I_C(V_{CE}; V_{BE} = \text{ct})$, $I_C(V_{BE}; V_{CE} = \text{ct})$.

* Întreprinderea pentru Întreținerea și Depanarea Utilajelor de Calcul și de Electronică Profesională.

** Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa.

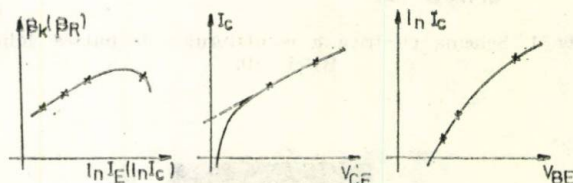


Fig. 1. Caracteristicile tranzistorului de pe masca test.

Programul extrage din caracteristicile de mai sus parametrii de model pentru tranzistorul de pe masca test. În continuare, în cadrul introducerii topologiei circuitului, pentru fiecare tranzistor programul cere aria emitorului A_E și perimetrul emitorului P_E , date prin care programul extrapolează parametrii de model pentru fiecare tranzistor din schemă plecînd de la parametrii de model ai tranzistorului de același tip de pe masca test.

Pe scurt, pentru tranzistoarele NPN și PNP verticale, programul rescalează $I_E | \beta_F \max$, $I_C | \beta_R \max$, I_{SF} și I_{SR} în funcție de A_E ; $\beta_F \max$ și $\beta_R \max$ se rescalează monoton crescător în funcție de raportul A_E/P_E . Pentru tranzistoarele PNP laterale, mărimile care dictează rescalarea sînt P_E și raportul P_E/A_E [1].

În acest fel, modelul de tranzistor asigură, în cursul simulării, o comportare destul de apropiată de realitate (în toate cele patru cadrane I_C , V_{CE}) pentru fiecare tranzistor din schemă.

În afară de tranzistoare bipolare, în această variantă, programul mai acceptă: diode, diode Zener, rezistențe definibile prin valoare, număr de pătrate sau arie, surse ideale de curent și surse ideale de tensiune neflotante.

Metoda Newton-Raphson modificată

Cu un an în urmă, [2], s-a prezentat metoda de actualizare „Arctg-Newton” a polarizărilor joncțiunilor de la o iterație la alta. Trebuie spus că, deși prin această metodă s-a extins gama de circuite pentru care programul converge, pentru circuitele cu histeresis sau cu multe tranzistoare blocate programul nu atinge convergența.

În varianta actuală se folosește metoda din [2] numai la prima iterație. În continuare însă, programul combină metoda „Arctg-Newton” cu o actualizare relativă (fig. 2).

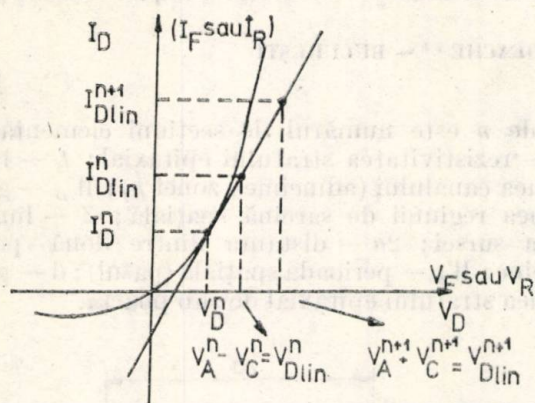


Fig. 2. Metoda Arctg-Newton actualizată.

Presupunind polarizarea „soft” V_D^n și tensiunea de borne V_{Dlin}^n (condiția de convergență include relația $V_{Dlin}^n \rightarrow V_D^n$, $n \rightarrow \infty$), ecuația de iterație folosită de la iterația 2 înainte este:

$$[0] = [I_D^n + g_D^n(V_A^n - V_C^n - V_D^n)] + [g_D^n] \cdot [V_A^{n+1} - V_C^{n+1} - (V_A^n - V_C^n)]. \quad (1)$$

Cu ecuația (vectorială) de mai sus se obține din vectorii $[V_D^n]$ și $[V_{nod_K}^n]$ noul vector de tensiuni la noduri $[V_{nod_K}^{n+1}]$. Acesta este „atenuat” conform relației:

$$[V_{nod_K}^{n+1}] = [V_{nod_K}^n] + \Delta V \cdot \text{Arctg} \left[\frac{1}{\Delta V} \cdot [V_{nod_K}^{n+1} - V_{nod_K}^n] \right]. \quad (2)$$

Urmează actualizarea „Arctg-Newton” așa cum este descrisă în [2] în cazul deschiderii joncțiunilor sau actualizarea „Arctg” în tensiune în cazul închiderii joncțiunilor, indiferent din ce cadran pornește procesul de închidere. Astfel rezultă noii vectori $[V_D^{n+1}]$ și $[V_{nod_K}^{n+1}]$.

La iterația 1, ecuația de iterație este:

$$[0] = [I_D^1 - g_D^1 \cdot V_D^1] + [g_D^1] \cdot [V_A^2 - V_C^2], \quad (3)$$

din care rezultă direct (fără ecuația (2)) vectorul $[V_{nod_K}^2]$.

Folosirea ecuației (1) în loc de (3) are un impact interesant asupra rezistențelor. În noua metodă, de la iterația 2 înainte, orice rezistență este privită ca o diodă „degenerată” cu „polarizarea” $V_D^n = V_{anoa}^n - V_{catod}^n = V_{Dlin}^n$, conducțanța constantă $g_D = 1/R$ și cu un „curent de polarizare” $I_{Dlin}^n = g_D \cdot V_D^n$.

Concluzii

Față de varianta care folosea numai ecuația de iterație (3), eroarea matematică de rezolvare a ecuației (1) ajunge la ultima iterație în gama $10^{-17} \div 10^{-19}$ mA în loc de $10^{-7} \div 10^{-9}$ mA.

În această ultimă variantă, programul HIPERS, implementat pe un desktop HP 9835A, este folosit intens în secția 2400 a IPRS Băneasa pentru proiectarea și depanarea circuitelor integrate.

Bibliografie

- [1] E. Lambrache, G. Cantaragiu, S. Negru, M. Bodea — Lucrările CAS 1987.
- [2] E. Lambrache, G. Cantaragiu — Lucrările CAS 1986.

CZ: 538.51:621.3.014

TRANZISTOR CU INDUCȚIE STATICĂ
CURENT DE DRENĂ LIMITĂ

Asupra curentului maxim în tranzistoarele cu inducție statică

ADRIAN RUSU *, CONSTANTIN POSTOLACHE ** — BUCUREȘTI

Introducere

Tranzistorul cu inducție statică (SIT) s-a impus în domeniul amplificării de putere într-un spectru larg de frecvență începând cu domeniul audio și terminând cu domeniul microundelor. Aranjamentul vertical al curgerii de curent asigură simultan valori admisibile mari atât pentru curent cit și pentru tensiune. În literatura de specialitate, capacitatea de ținere în curent este tratată prin comparație cu tranzistoarele cu efect de câmp cu poartă-juncțiune (TEC-J), verticale. Pentru aceasta se folosește rezistența canalului în stare deschisă (r_{DSon}). În lucrarea de față se prezintă deosebirea de esență dintre SIT și TEC-J privind rezistența canalului. Ca urmare, se propune un nou concept — curent de drenă limită (I_{Dlim}) — pentru aprecierea posibilităților de conducție a curentului în tranzistoarele cu inducție statică.

Rezistența canalului în stare deschisă (r_{DSon})

Utilizarea valorii rezistenței canalului pentru aprecierea posibilităților de conducție a SIT-ului este preluată de la TEC-J, a cărui canal este normal deschis (pentru $V_{GS} = 0$). Acest lucru este justificat deoarece, în lipsa polarizării, majoritatea tranzistoarelor cu inducție statică actuale prezintă în zona axială a canalului o regiune neutră din punct de vedere electric, adică regiunile de sarcină spațială ale joncțiunii poartă-canal nu se ating — vezi regiunea hașurată din figura 1. Cu alte cuvinte SIT-ul la valori mici ale tensiunii de poartă (V_{GS}) lucrează în regim de TEC-J. Rezistența canalului în stare deschisă (r_{DSon}) este valoarea minimă a rezistenței canalului, considerată la $V_{GS} = 0$ și la tensiuni de drenă mici, pentru care configurația canalului între porți prezintă arie transversală constantă [1]. Calculul rezistenței trebuie să includă și porțiunea trapezoidală, de dispersie a curentului, în drumul electronilor de la ieșirea din canal spre substrat. Conform acestui model [1], expresia rezistenței canalului în stare deschisă este:

$$r_{DSon} = \frac{1}{n} \left\{ \frac{\rho(L + W_D)}{Z(2a - 2W_D)} + \frac{\rho(d - W_D)}{Z[W_b - (2a - 2W_D)]} \ln \left(\frac{W_b}{2a - 2W_D} \right) \right\} \quad (1)$$

* Institutul Politehnic — București.

** Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

unde n este numărul de secțiuni elementare; ρ — rezistivitatea stratului epitaxial; L — lungimea canalului (adâncimea zonei p); W_D — grosimea regiunii de sarcină spațială; Z — lungimea sursei; $2a$ — distanța dintre două porți vecine; W_b — perioada spațială (pasul); d — grosimea stratului epitaxial de sub poartă.

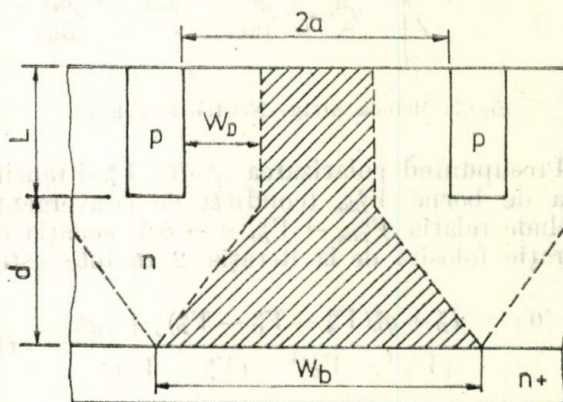


Fig. 1. Structură de tranzistor cu inducție statică.

Curentul de drenă limită (I_{Dlim})

Conceptul de rezistență a canalului nu este adecvat pentru SIT din următoarele motive:

- (i) La aplicarea unei tensiuni pe poartă (V_{GS}), chiar de valori mici, canalul se pătrunde, dispozitivul intrând în regim de SIT; de asemenea, unele SIT-uri prezintă canal normal blocat;
- (ii) În regim de SIT, prin dispozitiv trec curenți la fel de mari ca și prin TEC-J.

Acest lucru nu este explicat și creează confuzii chiar în terminologie, vezi dualismul SIT-TEC-J. Explicația care se propune aici, pe baza unui model anterior [2], este prezentată în cele ce urmează.

În regim de nivel mare de injecție a SIT-ului, concentrația de electroni din axul canalului atinge valoarea concentrației de impurități donoare din stratul epitaxial (N_D). Din acel moment, concentrația de electroni din canal se limitează, creșterea de curent făcându-se prin lărgirea zonei din jurul axului canalului unde concentrația de electroni este constantă ($n = N_D$). Această comportare este susținută prin diagramele din figura 2. Practic, între porți se formează un canal neutru prin efectul nivelului mare de injecție a curentului de drenă. În felul

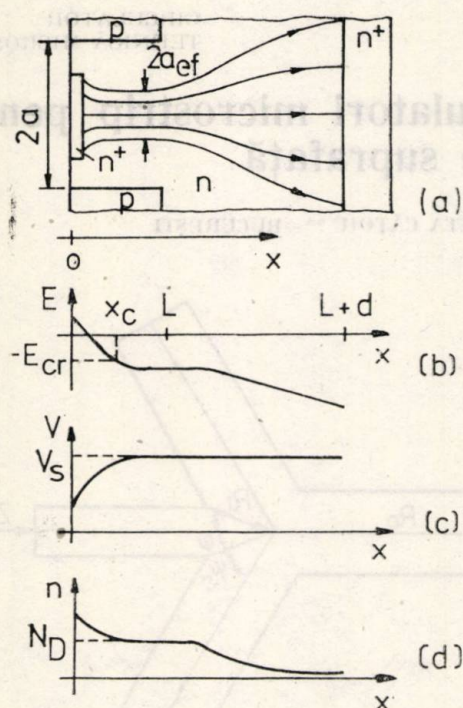


Fig. 2. Funcționarea tranzistorului cu inducție statică în regim de nivel mare de injecție.

acesta, funcționarea SIT-ului poate fi, aparent, asimilată cu aceea a unui TEC-J; fenomenele fizice și relațiile cantitative care descriu acest regim a SIT-ului sînt însă complet deosebite.

Canalul neutru, astfel format, are o lățime efectivă constantă — $2a_{ef}$ (figura 2, a), în intervalul (x_c, L) , unde x_c este abscisa de la care intensitatea cîmpului electric depășește valoarea cri-

tică — E_{cr} (figura 2, b); în acest interval viteza electronilor se saturează la valoarea v_s (figura 2, c). Se reamintește că la TEC-J canalul se îngustează înspre drenă, iar în regiunea neutră a lui nu se atinge de regulă, viteza de saturație.

După depășirea abscisei L , liniile de curent se dispersează, concentrația de electroni scade și caracterul neutru al canalului dispare.

Lățimea efectivă a canalului, $2a_{ef}$, crește odată cu creșterea curentului de drenă. Astfel se obține o „deschidere” a structurii (scăderea rezistenței r_{DS}) odată cu creșterea tensiunii de drenă, ceea ce la TEC-J se întîmplă în sens invers. Conform acestui model, valoarea maximă a curentului — I_{Dlim} — este dată pentru o lățime efectivă maximă a canalului $2a_{ef} = 2a$:

$$I_{Dlim} = qN_D v_s nZ 2a. \quad (2)$$

Valorile maxime ale curenților de drenă raportate în literatură se înscriu în limitele $(0,6 \dots 0,8) I_{Dlim}$.

Concluzii

Lucrarea propune pentru SIT, conceptul de curent de drenă limită în aprecierea capacității de curent în locul rezistenței canalului. O atenție deosebită s-a acordat diferențelor SIT — TEC-J datorită fenomenului de apariție la SIT a unui canal neutru prin efect de nivel mare de injecție.

Bibliografie

- [1] B. I. Baliga, IEEE Trans. on Electron Devices, ED-27 p. 368 (1980).
- [2] C. Bulucca, A. Rusu, Solid-State Electronics, 30 p. 1227 (1987).

CZ: 621.37.029.6

CIRCULATOR
TEHNICĂ MICROSTRIP

O nouă familie de componente: circulatori microstrip pentru tehnica montajului pe suprafață

MIRON CĂTOIU, GHEORGHE SAJIN*, GEORGETA CĂTOIU** — BUCUREȘTI

Introducere

O clasă aparte de componente fără de care nu se pot realiza blocuri de microunde având funcțiuni complexe sînt circulatorii. Aceste componente asigură propagarea direcționată a semnalelor în cadrul circuitului. Fenomenul fizic ce stă la baza funcționării circulatorilor este giromagnetismul, proprietate caracteristică a feritelor de microunde polarizate în câmp magnetic static, ferite ce posedă în acest caz o permeabilitate tensorială, datorată în esență spinului electronului.

Cu toate că circulatorii cu joncțiune în Y (în ghid de undă, stripline sau microstrip) sînt cunoscute de peste 25 ani, abia în 1978 firma Wavetek (SUA) propune prima dată un circulator integrabil, sub denumirea de „ferrodisc”. Circulatorul este realizat în întregime pe substrat ferimagnetic, în tehnică microstrip, inclusiv transformatoarele de adaptare și liniile de intrare/ieșire, spre deosebire de circulatorii microstrip „clasice” la care circuitele de adaptare sînt realizate pe substratul ceramic ce înconjoară un disc de ferită implantat în acest substrat.

Considerații teoretice

În cazul substratului integral, proiectarea trebuie efectuată în prezența a două condiții restrictive: din considerente de compatibilitate înălțimea substratului deci și a joncțiunii, este impusă, iar constanta dielectrică a mediului ce înconjoară joncțiunea este de asemenea impusă ($\epsilon_d = \epsilon_f$). S-a demonstrat că în aceste condiții, în cazul joncțiunilor cu rezonator circular, adaptarea nu poate fi efectuată decît în cazuri particulare [1].

O configurație de rezonator ce asigură o flexibilitate maximă de proiectare precum și dimensiuni minime ale dispozitivului este configurația „WYE” [2], prezentată în figura 1. Dacă se folosesc transformatoarele de adaptare în $\lambda/4$ pentru cuplajul rezonatorului WYE cu liniile de transmisie de 50 ohmi, se obține o componentă de bandă largă avînd dimensiunile unui circulator cu rezonator circular cu cuplaj direct.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice.

** Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electronică.

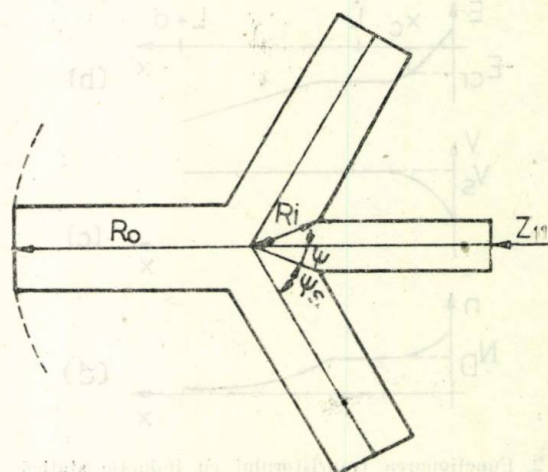


Fig. 1. Configurația „WYE”.

Impedanța de intrare într-o joncțiune WYE este:

$$Z_{11} = j \frac{2R \sin^2 \psi}{\pi \psi} \left(\frac{1}{\left(\frac{J'_1(kR_i)}{J_1(kR_i)} - 3 \frac{\sin^2 \psi_s}{\pi \psi_s} \tan \theta_s \right)} \right) \quad (1)$$

unde R_i , R_0 , ψ_s și ψ sînt definite în figura 1, $\theta_s = k(R_0 - R_i)$, R este impedanța caracteristică a liniei de intrare iar $k = 2\pi \sqrt{\mu_d \epsilon_f}$.

Plecînd de la ecuația (1) și punînd condiția de rezonanță, se obține numărul de undă de tăiere:

$$kR_0 = kR_i + \arctan \left(\frac{J'_1(kR_i)}{J_1(kR_i)} \cdot \frac{\pi \psi_s}{3 \sin^2 \psi_s} \right), \quad (2)$$

iar pentru cazul special de simetrie unghiulară completă $\psi_s = \psi = \pi/6$, relația ce dă frecvența de rezonanță devine:

$$\frac{J'_0(kR_i)}{J_1(kR_i)} - \frac{1}{kR_i} = \frac{1}{2} \tan \theta_s. \quad (3)$$

Deoarece la limita rezonatorului nu există un perete magnetic, efectele de margine sînt luate în calcul prin intermediul unui factor de corecție $F(R'/R_d)$, [3], în expresia conductanței de undă a giratorului:

$$Y_r = \frac{F(R'/R_d) \cdot \pi \cdot yd}{3(kR_d) \sin \psi} \cdot k/\mu. \quad (4)$$

Calcululele privind adaptarea joncțiunii la impedanța liniilor de intrare/ieșire (50 ohmi), sînt efectuate cu ajutorul unui program ce ține cont de natura dispersivă a liniilor pe substrat giromagnetic, conform modelului de ghid echivalent plan-paralel mărginit de pereți magnetici.

Cunoscînd cele două condiții fundamentale de circulație modificate conform (2)–(4), se obțin R_0 , R_i și impedanța de intrare în joncțiune, în planul definit de ψ și R_i . Toate celelalte mărimi se calculează prin procedura standard valabilă pentru circulatorii stripline.

Rezultate experimentale

Pentru frecvența centrală de lucru $f = 9$ GHz, substratul feritic adecvat, are caracteristicile: $4\pi M_s = 1650$ Gs, $\epsilon_r = 12,6$, $\tan\delta = 1,5 \cdot 10^{-3}$. După obținerea numărului de undă de tăiere și a unghiului de atac ψ , aceste mărimi se corectează pentru configurația WYE, rezultînd: $kR'_0 = 1,97$ și $\psi = 0,248$ rad. Factorul de separare magnetică, pentru aceste valori a fost $k/\mu = 0,234$ (lărgime de bandă $2\delta = 0,105$).

Rezultă după utilizarea acestor date:

$\mu_{ef} = 0,88$, $Y_{ef} = 1/99,64$ ohmi⁻¹, $Z_a = 106,2$ ohmi, $R_i/R_0 = 0,5$ și $\psi_s = \psi = \pi/6$, $kR_0 = 1,83$

Din relația (4) rezultă conductanța de undă a giratorului la frecvența centrală de circulație: $Y_r = 0,0175$ ohmi⁻¹.

Avînd în vedere constanta de programare radială $k = 651,6$ rad/m, raza exterioară R_0 a joncțiunii este: $R_0 = 2,64 \cdot 10^{-3}$ m și deci $R_i = 1,32 \cdot 10^{-3}$ m.

Raza magnetului de polarizare rezultă $R'_0 = 2,82 \cdot 10^{-3}$ m.

Pentru a obține factorul de separare $k/\mu = 0,234$ se folosește un cîmp magnetic aplicat $H_a = 1034$ Oe ce poate fi asigurat de doi magneti cilindrici ce se așează pe ambele fețe ale substratului.

Rezultatele obținute în laborator în urma măsurării atenuării de inserție, izolației și coeficientului de undă staționară la intrare, sînt:

IL = 0,6 dB

AI = 22 dB

CUS = 1,25 între 8,5 și 10 GHz.

Concluzii

A fost prezentată o procedură de proiectare a circulatorilor pentru tehnica montajului pe suprafață exemplificată prin realizarea unei astfel de componente în banda X. Rezultatele obținute sînt în bună concordanță cu valorile calculate. Tehnologia componentelor nerezice realizate pe substrat integral ferimagnetic urmează a fi extinsă în întreg domeniul de frecvențe 2,4 – 18 GHz.

Bibliografie

- [1] Z. Uzdy, „Computer-aided design of stripline circulators”, IEEE Trans. on MTT, october 1980.
- [2] J. Helszajn, „Circulators using planar WYE resonators” IEEE Trans. on MTT, july 1981.
- [3] M. Cățoiu ș.a., „X-band integral ferrimagnetic substrate microstrip circulator”, 8th International Conference on Microwave Ferrites, Ilmenau 1986.

CZ: 621.37.029.6

TOPOGRAFIE CU RAZE X
SILICIU
DEFECTE CRISTALOGRAFICE

Instalație automată de topografie cu raze X pentru caracterizarea materialelor semiconductoare

ALEXANDRU STOICA *, ȘTEFAN TODIREANU *, MIHAELA STOICA **,
DAN SACHELARIU ** — BUCUREȘTI

Introducere

Topografia prin difracție de raze X este o metodă nedistructivă de caracterizare a materialelor semiconductoare. Ea permite studiul naturii și distribuției defectelor cristalografice din volumul sau de la suprafața cristalului [1 — 3]. Instalația de topografie cu raze X, execută la IFTM, în colaborare cu IFIN, este un instrument de concepție proprie, cu posibilități multiple și un grad înalt de automatizare. Lucrarea prezintă posibilitățile de lucru și performanțele instalației, precum și câteva aplicații în tehnologia de fabricație a componentelor din CCSIT — CE.

Descrierea instalației

Părțile componente ale instalației de topografie sînt prezentate în figura 1, iar sistemul de comandă automată în figura 2. Instalația este conectată la un difractometru de raze X, tip DRON — 3, utilizînd sursa de înaltă tensiune a acestuia. Pentru poziționarea și baleierea plachetei, ce poate avea un diametru maxim de 80 mm, elementele mobilele sînt acționate

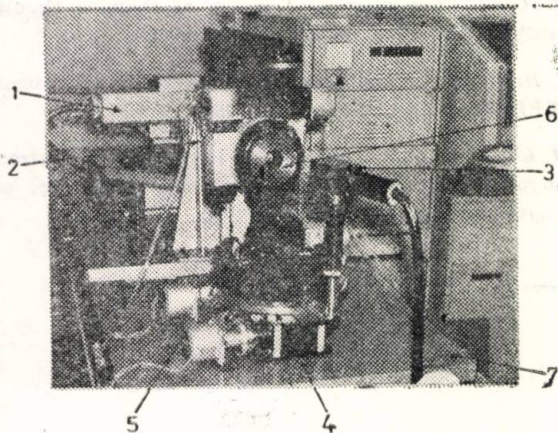


Fig. 1. Instalația de topografie cu raze X: 1. Suport tub raze X; 2. Colimator; 3. Detector; 4. Goniometru difractometric; 5. Dispozitiv baleiere; 6. Goniometru orientare; 7. Suport.

* Institutul de Fizică și Tehnologia Materialelor — București.

** Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

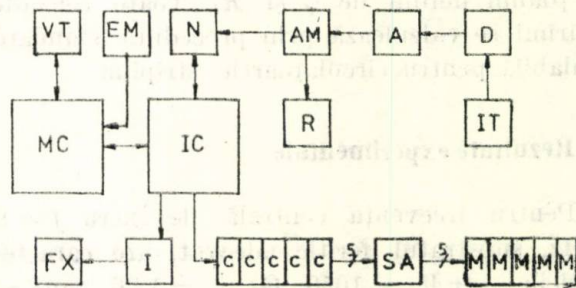


Fig. 2. Comanda automată a instalației de topografie: MC — microcalculator; EM — extensie memorie; IC — interfață CAMAC cu MC; I — întrerupător; N — numărator; C — comandă motoare pas cu pas; SA — alimentare motoare; M — motoare pas cu pas; VT — consolă; R — rotametrul liniar; AM — analizor monocanal; A — amplificator cu bandă largă; IT — înaltă tensiune; D — bloc detecție; FX — comanda fascicolului de raze X.

cu motoare pas cu pas. Mișcarea mesei difractometrului și a detectorului se realizează cu un pas de 5" și o viteză de 0,05 până la 5°/min, iar deplasarea dispozitivului de baleiere cu un pas de 8,33 μm și o viteză de 0,1 până la 10 mm/min. Instalația poate lucra atât în transmisie (metoda Lang, SOT), cât și în reflexie (metoda Berg-Barrett).

Folosind un cristal monocromator curb de LiF s-a elaborat o metodă originală, în care, prin plasarea acestuia pe verticală se iluminează o arie de 10 $\times$ 40 mm². Metoda este utilă în studiul plachetelor tensionate, nemaieexistînd o corelație între poziția punctului iluminat și direcția locală a fascicolului.

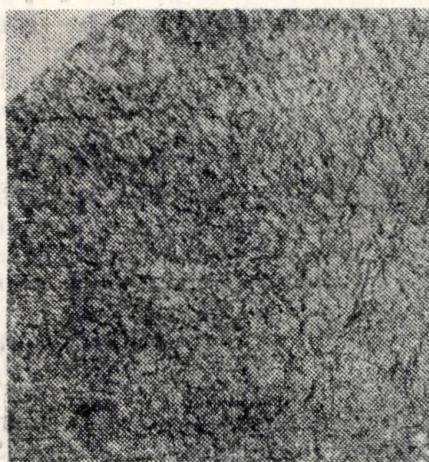
Performanțe și aplicații

Defectele cristalografice ce se pot evidenția prin topografie cu raze X sînt: dislocațiile, precipitatele, defectele de împachetare, benzile de alunecare, maclele. Lărgimea imaginii unui defect se situează în intervalul 2 — 20 μm și depinde de planul reflex de lucru și tipul radiației caracteristice. La această dimensiune se adaugă rezoluția aparatului, ce depinde de lărgimea spectrală, colimarea geometrică și calitatea filmului de raze X. Se obține rezoluție medie (20 μm) sau înaltă (4 μm) cînd condițiile de lucru sînt: distanța tub-plachetă 80 cm, puterea 2 kW, baleierea 1 cm/oră și

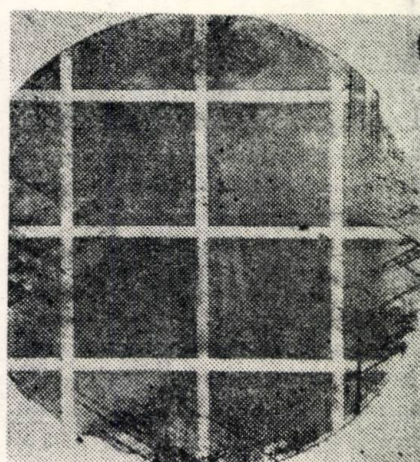
Tabelul 1

Metoda	Radiație	Grosimea plachetei, (mm)	Densitate dislocații, (cm^{-2})	Densitate precipitate, (cm^{-3})
Transmisie	AgK α	0,5—1,5	$10-10^3$	$1-10^6$
	MoK α	0,2—0,7	$10-10^4$	$1-10^6$
	CuK α	0,1—0,3	$10-10^5$	$1-10^6$
Reflexie	CuK α	—	$10-10^7$	$10-10^8$

tal. Densitatea de defecte fiind foarte mare, ele sînt curbate și nu au o orientare preferențială. În figura 3b sînt topografiate defectele induse de difuzia borului în siliciu. Se observă rețele hexagonale de dislocații de neconcordanță, orientate $\langle 110 \rangle$ și avînd o densitate integrală medie de 200 dislocații/cm.



a



b

Fig. 3. Topogramele în raze X ale unor plăcuțe de siliciu:
a) după creștere monocristalină; b) după difuzia bor.

respectiv 180 cm, 1,2 kW, 0,2 cm/oră. Densitatea de defecte observabile prin topografie depinde de volumul investigat și distanța minimă permisă de rezoluția metodei. Spre exemplificare, în tabelul 1 se prezintă domeniile de lucru ale instalației în cazul siliciului.

Instalația a fost folosită la caracterizarea proceselor tehnologice de realizare a dispozitivelor semiconductoare cu siliciu. În figura 3a, de exemplu, sînt puse în evidență dislocații induse de procesul de creștere monocristalină.

Concluzii

Instalația automată de topografie cu raze X prezentată în lucrare reprezintă o noutate pe plan național, fiind prima instalație de acest gen de concepție românească. Folosirea ei în optimizarea proceselor tehnologice poate fi determinantă pentru o fabricație de componente electronice performante.

Bibliografie

- [1] E. S. Meieran, Siemens Rev. 37, p. 39, 1970.
- [2] B. F. Tanner X-Ray Diffraction Topography, Pergamon Press, 1976.
- [3] G. H. Schwutke, În: Heteroepitaxial Semiconductors for Electronic Devices, p. 281, Springer-Verlag, 1987.

CZ 537.31.32

MICROLITOGRAFIE
MIRE DE CONTROL
DEZALINIERI

Determinarea abaterilor de superpoziție în microlitografie

GABRIELA DRĂGAN *, MIRCEA DUȘA *, MARINA OLARIU *,
GEORGETA BĂNOIU ** — BUCUREȘTI

Introducere

Lucrarea prezintă studiul abaterilor de superpoziție în microlitografia măștilor și litografia prin contact pentru fabricația tranzistoarelor UHF. Scopul lucrării constă în punerea la punct a unei metode de monitorizare pe baza unor mire speciale.

Metoda de caracterizare

Configurația mirelor generate și metoda de măsură folosită permite determinarea dezalinierilor cu o precizie de 0,01 microni (fig.1 și 2). Măsurătorile s-au efectuat pe o instalație cu

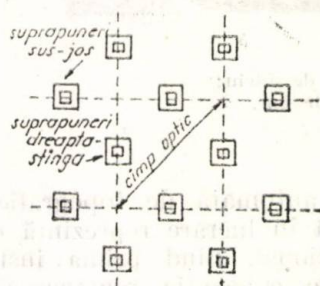
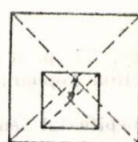
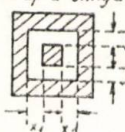


Fig. 1. Configurația mirelor generate.



$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{1}{2}(x_1 - x_2) \\ Y_1 &= \frac{1}{2}(y_1 - y_2) \\ X_2 &= \frac{1}{2}(x_3 - x_4) \\ Y_2 &= \frac{1}{2}(y_3 - y_4) \end{aligned}$$

dreapta-stinga



sus-jos

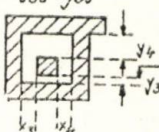


Fig. 2. Metoda de măsură pentru determinarea dezalinierilor

deteție fotometrică a pragului, ce s-a situat pe profilul de intensitate la cca. 50 %. Profilul de intensitate și pragurile detectate, cores-

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice.

** Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa.

punzătoare muchiilor mirelor concentrice se prezintă în graficul 1. Pentru măști, mirele se dispun la extremitățile câmpului optic al fotorepetorului (Ø6 mm), iar pentru litografia plachetelor mirele s-au dispus în centrul câmpului. Metoda pune în evidență dezalinierile pe mască, într-un cip pe plachetă, abaterile de deplasare (offset), de rotație, de deformare (skew), de scară de mărire, în valoare absolută cit și sub forma unor vectori de poziție.

Abateri de superpoziție în microlitografie

Experimentările pe măștile cu crom de 4 țoli au dus la obținerea vectorilor de dezalinieră prezentați în figura 3. S-au pus în evidență erori sistematice datorate: a. unor distorsiuni

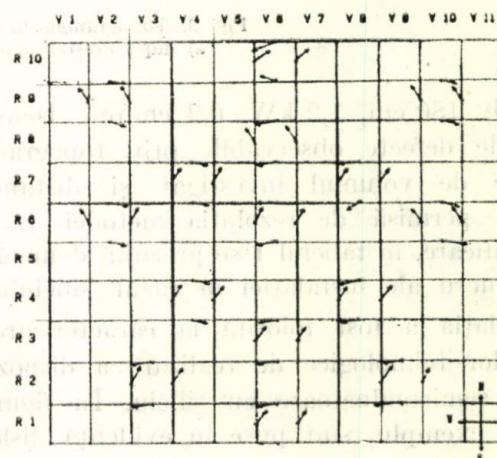


Fig. 3. Dezalinieri în cimp optic.

ale câmpului optic la extremitățile sale ($\bar{X}_1$; $\bar{Y}_2$), b. lipsei de paralelism între axele de deplasare ale fotorepetorului și cele ale reticulului ($\bar{X}_2$; $\bar{Y}_2$) și erori aleatorii datorate: a. focalizării, b. modificării pasului de repetare ($\bar{X}_2$; $\bar{X}_1$) în punctele E/W și N/S. Rezultatele sînt cuprinse în tabelul 1. Pentru studiul abaterilor de superpoziție induse în procesarea siliciului s-au generat două măști M1/M2 cuprinzînd figurile concentrice ale mirelor (pe o suprafață corespunzătoare plachetelor de 3 țoli). Pe plachete oxidate inițial la 970° C (cu oxid de 4700 Å) și fotografate cu M1 s-au efectuat următoarele operațiuni: Placheta A1—tratament termic 400° C, suprapunere M2; Placheta A2—M2

Tabelul 1

Mărimea (μm)	W	E	N	S	obs.
X_1	+0,31	+0,26	—	—	R1 + R7
	-0,26	-0,26	—	—	R8 - R10
Y_1	+0,39	+0,36	—	—	R1 - R10
X_2	—	—	+0,46	+0,49	R1 + R7
	—	—	-0,51	-0,47	R1 + R10
Y_2	—	—	-0,10	-0,10	R1 + R10

PLACHETA 1

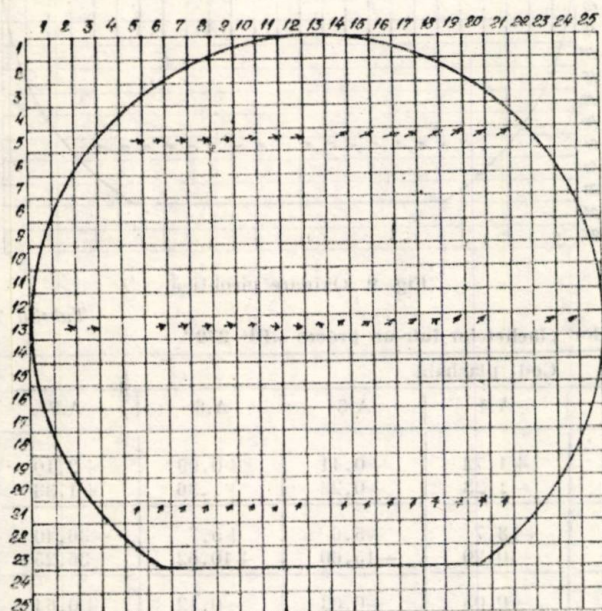


Fig. 4. Oxidare inițială.

PLACHETA 2

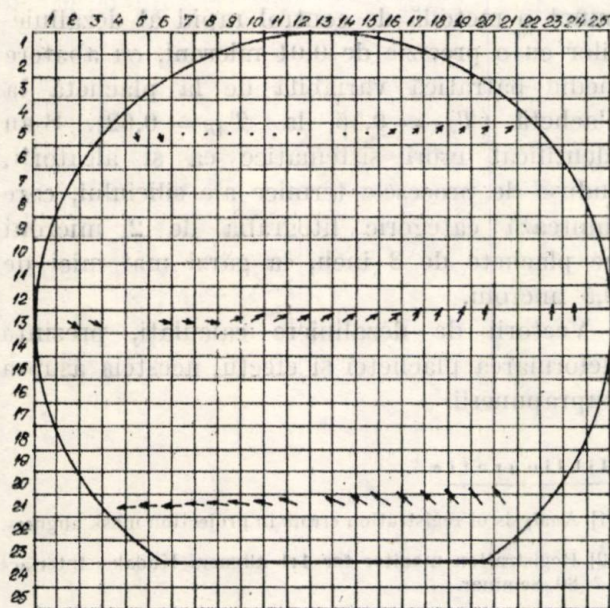


Fig. 5. Oxidare pirolitică.

PLACHETA 3

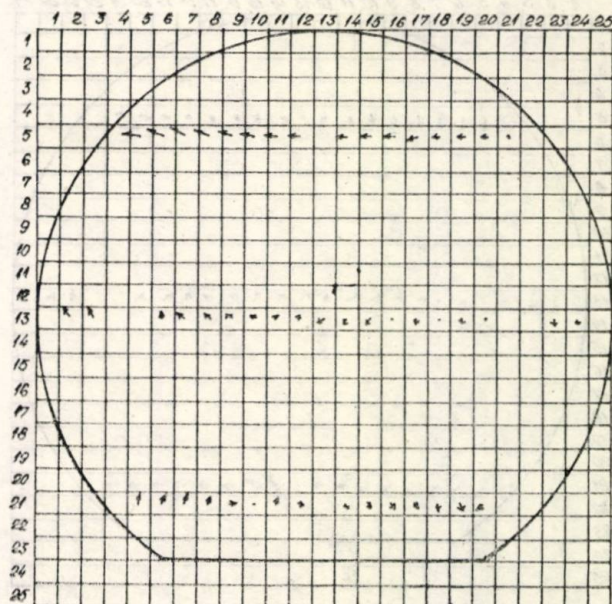


Fig. 6. Difuzie bază.

PLACHETA 4

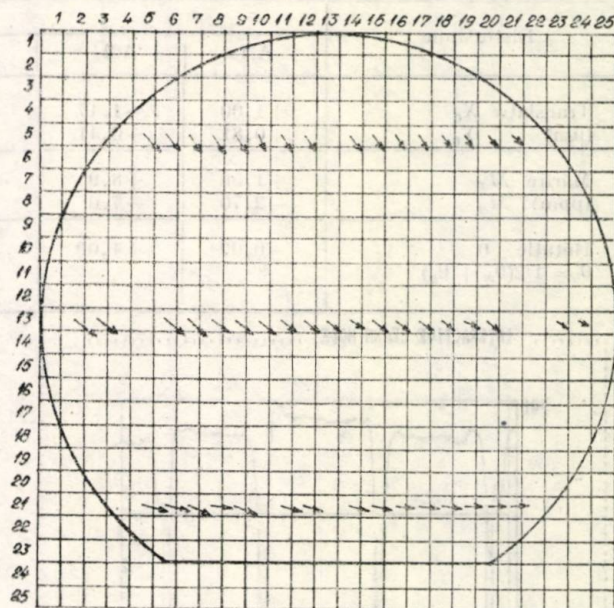


Fig. 7. Nitrurare.

suprapusă pe oxid pirolitic $16\,000\text{ Å} + 2\,500\text{ Å}$ (la 1000°C): Placheta A3—M2 suprapusă peste predifuzie și difuzie de bor la 1050°C : Placheta A4—M2 suprapus peste nitrură de 1200 Å (la 820°C): Placheta A5—M2 suprapusă pe difuzia de emitor (la 1030°C): Placheta A6—M2 suprapusă pe oxid pirolitic de 4000 Å (la 850°C). Vectorii de dezalinieri obținuți sint prezentați în figurile 4—9 la scara $100 : 1$ față de caroaiaul plachetei care indică cipurile de $3 \times 3\text{ mm}$.

S-a calculat pentru fiecare plachetă eroarea de deplasare pe orizontală și verticală (X_0 și Y_0), erorile de factori de mărime (M_x , M_y)

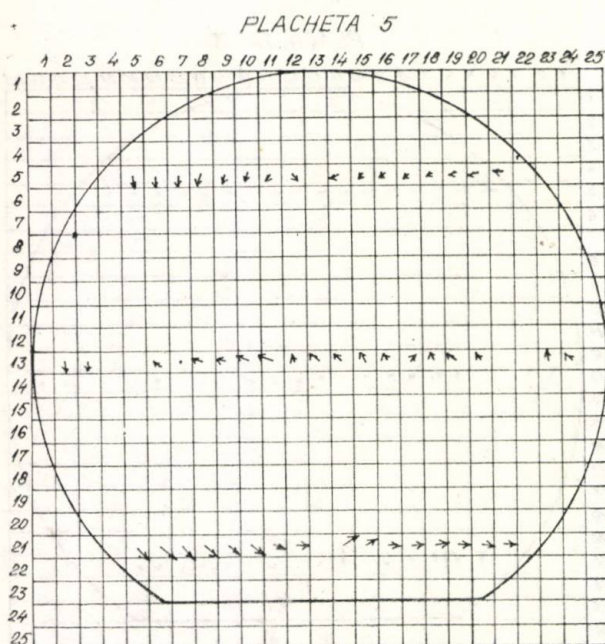


Fig. 8. Difuzie emitor.

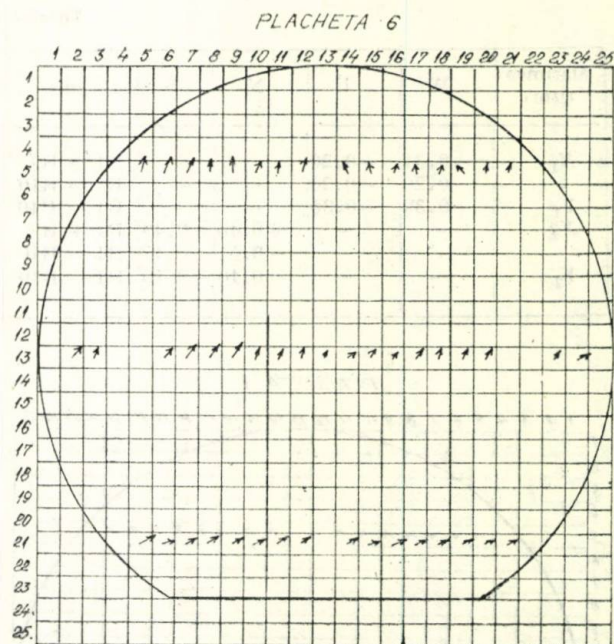


Fig. 9. Oxidare pirolitică.

Abateri de superpoziție datorate distorsiunilor plăchetelor într-un proces „BF 272”

Tabelul 2

Distorsiune	Cod placetă						
	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7
Translație X_0 (μm) Y_0	+1,00 +0,81	-1,17 +0,41	-0,61 0	+1,72 -1,23	+0,41 +0,28	+0,99 +1,36	+2,10 +1,33
Mărire M_x (ppm) M_y	+1,56 -2,70	+8,9 -7,0	-10 +2,70	+13,7 -10,20	+5,6 -15,60	+5,7 +10,62	-36,40 +36,25
Rotație θ $\theta = 1/2(\theta_x + \theta_y)$	-0,09	+1,09	+0,59	-0,05	+0,03	-0,12	+0,64

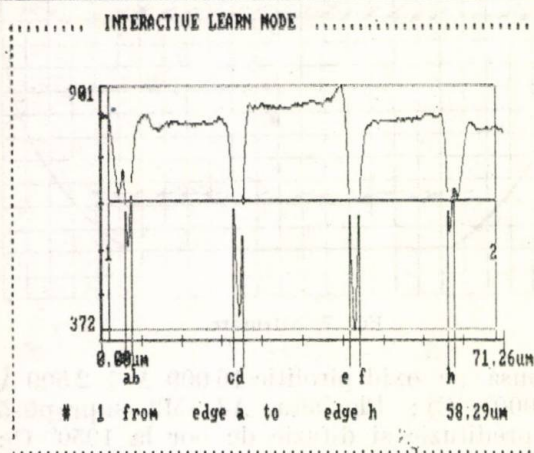


Fig. 10. Profil de intensitate și pragurile detectate.

și eroarea de rotație θ , care se prezintă în tabelul 2.

Concluzii

S-au realizat cu ajutorul unor mire special proiectate măsurători asupra dezaclinierilor care

se induce în timpul proceselor de microlitografie a măștilor și a plăchetelor, punându-se la punct o metodă de control rapid al dezaclinierilor cu o precizie de 0,01 microni, cu abatere medie pătratică variabilă de la placetă la placetă ($T_{AA} = 0,15$ la $T_{AB} = 0,62$). S-au identificat erori sistematice ca și aleatorii, induse de procesele termice ale siliciului, care limitează categoria litografia de 2 microni pe plăchete de 3 inch, la gărzi mai mici de 0,5 microni.

Vectorii de dezaclinier calculați, prezintă deformarea plăchetei și efectul acesteia asupra suprapunerii.

Bibliografie

- [1] Analysis of registration errors in projection mask aligners.
- [2] Registration monitor for 1:1 aligners Kodak—Interface 80 Seminar.
- [3] L. D. Yan — Appl. Physics Lett 33, 756 (1978).

CZ: 669.28:621.78

METAL REFRACTAR (Molibden)
 REZISTENȚĂ SERIE DE CONTACT
 PLASMA ARGON
 INTERFAȚA METAL-SEMICONDUCTOR

Tratament termic pentru sistemele de metalizare cu molibden (Mo)

MARIAN BĂDILĂ, CRISTIAN ORFESCU, VICTOR PĂUN*, GHEORGHE BREZEANU**,
 VICTOR TRĂISTARU***, PAULA TRĂISTARU*** — BUCUREȘTI

Introducere

În circuitele integrate pe scară foarte mare, scalarea este esențial limitată de rezistența specifică de contact (RSC). Pentru a reduce RSC se utilizează metalele refractare, în special Mo [1] — [4]. În schema de metalizare Mo și mai ales siliciura de Mo sint folosite ca metale de contact cu Si, poly-Si și/sau SiO_2 . Pe de altă parte Mo tinde să înlocuiască Al la realizarea interconexiunilor [2].

Continuând cercetările asupra sistemului de metalizare pe bază de Mo, [3], în lucrarea de față se investighează efectul tratamentului postmetalizare asupra comportării electrice a contactului Mo/Si.

Tehnica experimentală

Cu tehnologia planară standard s-au fabricat structuri de test cu contacte circulare de diferite diametre, realizate pe substrat *n* și *p* de 5...20 m Ω cm, de orientare $\langle 111 \rangle$. Depunerea Mo s-a făcut în vid, prin evaporarea cu fascicul de electroni, pe substrat preîncălzit la 150° C, cu viteza de 6 A/s, la o presiune de 2.10^{-6} torr.

Tratamentul termic postmetalizare s-a făcut prin 2 procedee: (i)—tratament în cuptor la temperaturi de 600 și 800° C în atmosferă de N_2 . (s-a asigurat atmosferă neutră și la introducerea și scoaterea plachetelor din cuptor, folosind sistemul cu „pipă”); (ii)—tratament în vid efectuat cu o tehnică originală. S-a folosit o instalație de pulverizare catodică. Doar spatele plachetei a fost expus acțiunii plamei de Ar, densitatea de putere fiind de 7W/cm². Această densitate asigură încălzirea plachetei la peste 850° C. La ambele tipuri de tratament s-au experimentat timpi între 0,5 și 5 min.

Pentru reproductibilitatea măsurătorilor spațiale plachetelor a fost metalizat cu Au, operație precedată de îndepărtarea unui strat de Si de 30 μm . Măsurătorile electrice au vizat

determinarea RSC atât înainte cât și după tratamentul termic. S-a utilizat, pentru prelucrare, programul SEMICONDUCTOR [3].

Rezultate și discuții

În figurile 1 și 2 se arată dependența RSC de parametrii tratamentului postmetalizare pentru contacte realizate pe Si-p (fig. 1), respectiv pe Si-n (fig. 2). Fiecare punct experi-

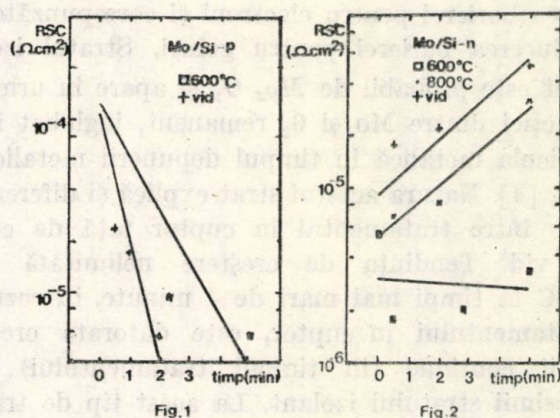


Fig. 1. — Evoluția rezistenței serie de contact Mo/Si-p în funcție de timpul de tratament.

Fig. 2. — Evoluția rezistenței serie de contact Mo/Si-n în funcție de timpul de tratament.

mental (reprezentat prin simbol) este media a cel puțin 20 de măsurători. Determinarea mediei s-a făcut printr-un proces iterativ, eliminându-se, în fiecare caz valorile măsurate mult depărtate de medie. Prin regresie liniară s-au determinat drepte (reprezentate de asemenea pe figuri) ce aproximează cel mai bine punctele experimentale.

Cu intensificarea tratamentului (creșterea produsului temperatură-timp) RSC scade pentru contactele pe Si-p și crește în cazul structurilor pe Si-n. Tendința de evoluție a RSC cu parametrii tratamentului este clar evidențiată în figurile 3 și 4, de curbele trasate cu linie continuă. Ele reprezintă aproximarea datelor experimentale prin funcții polinomiale de gradul 2.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

** Institutul Politehnic — București.

*** Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa.

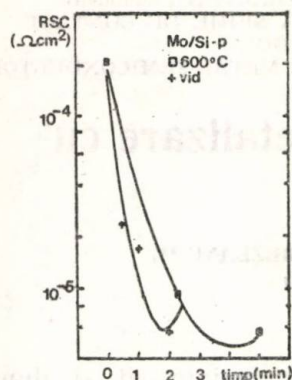


Fig. 3. — Determinarea rezistenței serie de contact minime pentru contactul Mo/Si-p.

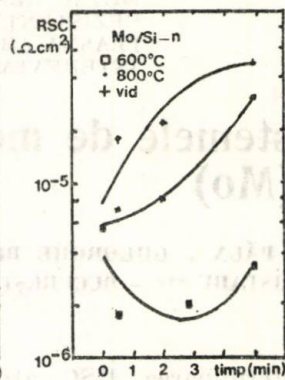


Fig. 4. — Determinarea rezistenței serie de contact minime pentru contactul Mo/Si-n.

Variația RSC cu tratamentul este atribuită formării la interfața metal-semiconductor a unui strat izolant [1], [4], care determină creșterea barierei pentru electroni și corespunzător reducerea barierei pentru goluri. Stratul izolant este probabil de Mo_xO_y și apare în urma reacției dintre Mo și O_2 remanent, înglobat în pelicula metalică în timpul depunerii metalice [1], [4]. Natura acestui strat explică și diferențele între tratamentul în cuptor față de cel în vid. Tendința de creștere nelimitată a RSC la timpi mai mari de 4 minute, în cazul tratamentului în cuptor, este datorată creșterii continue (în timpul tratamentului) a grosimii stratului izolant. La acest tip de tratament se constată existența unui optim în produsul temperatură-timp, care asigură o rezistență specifică de contact minimă. Pe

Si-p RSC are valoarea minimă de $5 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ cm}^2$ la $600^\circ \text{C}/4$ minute (fig. 3), iar pe Si-p RSC minimă este de $1,7 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ cm}^2$ în urma unui tratament la $600^\circ \text{C}/2,5$ minute (fig. 4).

RSC tinde să se satureze, la structurile tratate în vid, lucru evidențiat mai ales în figura 4 (contacte Mo/Si-n). Se consideră că tratamentul în vid limitează cantitatea de O_2 din pelicula metalică și în consecință și grosimea stratului izolant. De remarcă că rezistența specifică minimă pe Si-p (fig. 3) este cu un ordin de mărime mai redusă decît valorile raportate în lucrarea [4].

Concluzii

În lucrare se studiază efectul tratamentului termic asupra rezistenței specifice contactelor Mo/Si. S-au comparat două tipuri de tratament dintre care cel în vid este utilizat pentru prima dată în țară. Rezistența specifică contactelor tratate în vid prezintă o dependență de timpul de tratament net diferită de a celor supuse tratamentului „clasic”, în cuptor. Acest rezultat este inedit, neraportat pînă în prezent în literatură. De asemenea, pot fi considerate ca rezultate noi și valorile foarte reduse ($< 10^{-5} \Omega \text{ cm}^2$) obținute pentru rezistența specifică contactelor Mo/Si-p.

Bibliografie

- [1] T. Mochizuki ș.a., IEEE Trans. El. Dev., 27, p. 1431, 1980.
- [2] M. Kim ș.a., IEEE Trans. El. Dev., 32, p. 1328, 1985.
- [3] M. Bădilă ș.a., Lucrările CAS, p. 115, 1986.
- [4] J. Chen ș.a., IEEE Trans. El. Dev., 30, p. 1542, 1983.

CZ: 621.39.6:621.313.5:621—578

AMPLIFICATOR OPERAȚIONAL
COMPENSARE ÎN FRECVENȚĂ
CUPLAJ ÎNAINTE

O tehnică eficientă de compensare în frecvență a amplificatoarelor operaționale de bandă largă

STĂNESCU CORNEL, GHEORGHIU CONSTANTIN* — BUCUREȘTI

Introducere

Amplificatoarele operaționale care folosesc tranzistoare tip *pnp*-lateral în etajele de transconductanță, au răspunsul în frecvență limitat de frecvență de tăiere $f_{T_{pnp}} = 2 \div 5$ MHz. Pentru a obține o bandă de frecvență mai mare, este necesară compensarea prin cuplaj înainte (feed-forward) a acestui etaj (LM 118, ROB 101T, ROB 07). În total, sînt necesare $3 \div 4$ condensatoare de compensare cu valori de $15 \div 100$ pF. Lucrarea prezintă o tehnică eficientă de compensare în frecvență ce necesită doar 1 respectiv 2 condensatoare de valori reduse $15 \div 30$ pF, aplicată unui amplificator operațional cu 2 respectiv 3 etaje.

Considerații teoretice

Schema bloc a amplificatorului operațional este prezentată în figura 1. Primul etaj este diferențial, realizat cu tranzistoare *nnp*, asigurînd performanțe bune privind parametrii:

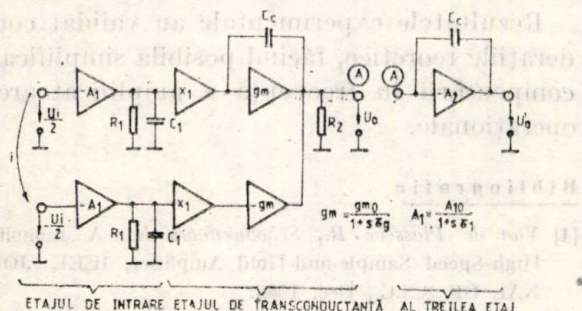


Fig. 1. Schema bloc a amplificatorului operațional de bandă largă.

V_{IO} , I_B , CMRR, PSRR, z_{gomot} de intrare. Grupurile R_1 , C_1 simulează frecvența de sus a acestui etaj, f_1 :

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\tau_1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (1)$$

Al doilea etaj este precedat de repetitoare ce asigură o impedanță de ieșire redusă, îmbunătă-

tățînd răspunsul în frecvență și reducînd reacția pozitivă introdusă de compensarea prin cuplaj înainte.

Această se aplică pe calea neînversoare a etajului de transconductanță prin condensatorul C_c ce scurtcircuitază la frecvențe înalte etajul realizat cu tranzistoare *pnp*, aplicînd la ieșire semnalul primului etaj. Varianta cu 3 etaje posedă încă un etaj inversor compensat prin efect Miller cu un condensator de aceeași valoare, C_c .

În continuare vom analiza răspunsul în frecvență al variantei cu 2 etaje pentru a optima compensarea în frecvență. Considerînd influența frecvenței $f_{T_{pnp}}$ asupra etajului de transconductanță rezultă:

$$gm = \frac{gm_0}{1 + s\tau_g} \quad (2)$$

$$\tau_g = \frac{1}{2\pi f_{T_{pnp}}} \quad (3)$$

Folosind teorema superpoziției vom obține expresia amplificării în tensiune:

$$A_v(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = - \frac{gm_0 R_2 A_{10} \left(1 + s \frac{C_c}{2gm_0} + s^2 \tau_g \frac{C_c}{2gm_0} \right)}{(1 + s\tau_d)(1 + s\tau_1)(1 + s\tau_g)} \quad (4)$$

$$\tau_d = R_2 C_c \quad (5)$$

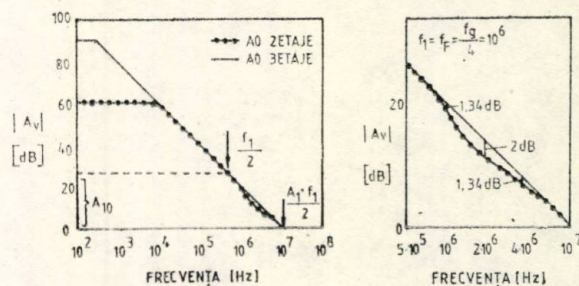


Fig. 2. Caracteristica amplitudine-frecvență a amplificării în tensiune, A_v .

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

În afară de prezența a 3 poli simpli determinați de constantele τ_1 , τ_g și τ_d , $A_v(s)$ mai posedă o pereche de zerouri complex-conjugate la pulsația ω_0 și factorul de amortizare

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{\tau_g \tau_F}} \quad (6)$$

$$\zeta = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\tau_F}{\tau_g}} \quad (7)$$

τ_F fiind constanta de timp asociată compensării prin cuplaj înainte :

$$\tau_F = \frac{C_c}{2g m_0} \quad (8)$$

Pentru a obține un răspuns în frecvență cât mai liniar, este necesar să alegem τ_F și τ_1 astfel încât să ne apropiem de caracteristica ideală :

$$A_{vi}(s) = - \frac{gm_0 R_2 A_{10}}{1 + s\tau_d} \quad (9)$$

Aceasta se obține pentru :

$$\tau_F = \tau_1 = 4\tau_g \quad (10)$$

$$\zeta = 1 \quad (11)$$

$$\omega_0 = \frac{2}{\tau_1} \quad (12)$$

Din figura 2 se constată că abaterea este de -2 dB la ω_0 și de $-1,34$ dB la $0,5\omega_0$ și $2\omega_0$. Constatăm că nu se obține un răspuns ideal, dar distorsiunile sînt reduse la minim.

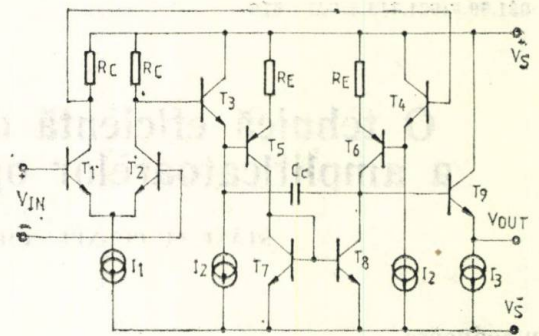


Fig. 3. Schema electrică simplificată (A.O. cu 2 etaje).

Din formulele (9) și (10) constatăm că A_{vi} devine unitar la frecvența :

$$f_u = \frac{A_{10} f_1}{2} \quad (12)$$

Schema electrică simplificată este prezentată în figura 3. Varianta cu 3 etaje are o caracteristică amplitudine-frecvență obținută prin extrapolarea caracteristicii amplificatorului cu 2 etaje. Variantele prezentate au fost modelate cu structuri MONOCIP obținându-se pentru varianta cu 3 etaje performanțele : $f_u = 5$ MHz, $SR = 10$ V/ μ s, $A_{v0} = 10^5$. S-au folosit capacitore $C_c = 20$ pF.

Concluzii

Rezultatele experimentale au validat considerațiile teoretice, făcînd posibilă simplificarea compensării în frecvență a amplificatoarelor operaționale.

Bibliografie

- [1] Van de Plassche R., Schowenaars H., A monolithic High-Speed Sample-and-Hold Amplifier, IEEE JOURNAL OF S.S.C., Dec. 1983.

CZ 621.37.029.6

TRADUCTOR CU MICROUND
MĂSURAREA DISTANTELOR

Traductor cu microunde pentru măsurarea distanțelor mici

SERGIU IORDĂNESCU, VALENTIN BUICULESCU, BOGDAN HOSSU,
MIRON CĂTOIU* — BUCUREȘTI

Introducere

Lucrarea prezintă un sistem de emisie-recepție în banda X, destinat măsurării distanțelor mici (50 — 200 m), dintre punctul unde se află traductorul și punctul unde este amplasat un reflector poliedric cu suprafață echivalentă de reflexie mare.

Traductorul funcționează pe principiul RADAR-ului în undă continuă cu modulație liniară de frecvență, cu receptor tip „homodyne”. Traductorul se remarcă printr-o rezoluție înaltă a determinărilor în distanță, ceea ce se datorează atât purității spectrului semnalului de microunde emis cât și faptului că se măsoară perioada semnalului de joasă frecvență care rezultă la ieșirea receptorului [1].

Structura traductorului

Traductorul folosește o modulație liniară de frecvență de tip asimetric deoarece, în aplicațiile pentru care este destinat, efectul Doppler este neglijabil. Relația care exprimă dependența frecvență-distanță este în acest caz

$$f_0 = \frac{2\Delta f}{cT} D$$

unde f_0 este frecvența semnalului de joasă frecvență obținut la ieșirea mixerului, Δf este ecartul de frecvență (30 MHz — în cazul de față), $c = 3 \times 10^8$ m/s, T este durata baleiajului liniar de frecvență (0,8 ms) și D este distanța măsurată.

Schema bloc a traductorului este prezentată în figura 1. Oscilatorul pilot furnizează semnalul de microunde modulat liniar în frecvență, în condiții de zgomot de frecvență redus. Semnalul MF de nivel mic (cca 10mW) este aplicat unui oscilator de putere sincronizat prin injecție, rezultând un semnal MF cu nivel de putere ridicat (min 200 mW), având însă liniaritatea și caracteristicile de zgomot ale semnalului MF dat de oscilatorul pilot. Semnalul furnizat de etajul de putere este aplicat antenei de emisie prin intermediul a doi cupluri, primul — de tip sondă — pen-

tru extragerea semnalului necesar pompajului mixerului de recepție, iar cel de-al doilea — de tip direcțional cu fante — pentru măsurarea puterii la emisie, acesta din urmă având încorporat un detector de microunde cu diodă Schottky.

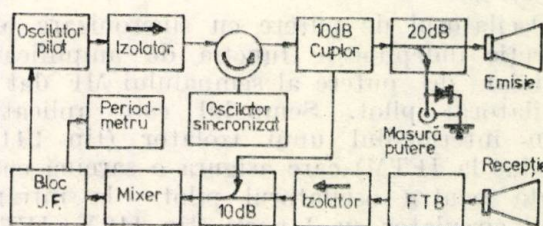


Fig. 1. Schema bloc a traductorului

Antenele de emisie și de recepție, identice, sînt de tip cvasisectorial, cu deschidere îngustă în plan orizontal (12°) și largă în plan vertical (28°).

Semnalul recepționat de la reflectorul poliedric este trecut printr-un filtru trece-bandă, prevăzut la ieșirea cu un izolator ce îi asigură o sarcină adaptată, apoi este aplicat unui cuplor direcțional (similar constructiv cu cel din lanțul de emisie), astfel încît semnalul recepționat și o fracțiune din semnalul emis sînt injectate la intrarea mixerului, la ieșirea căruia se obține semnalul util de frecvență f_0 . Toate circuitele de microunde, atât din emițător cât și din receptor, sînt realizate în ghid de undă R 100.

Blocul de joasă frecvență efectuează prelucrarea semnalului util (amplificare, filtrare, limitare, formare) și furnizează atât tensiunea variabilă necesară baleiajului liniar al frecvenței oscilatorului pilot cât și semnalele de comandă pentru funcționarea corespunzătoare a period-metrului și a sistemului de calcul ce poate fi atașat traductorului.

Generatorul de semnal

Pentru a îndeplini cerințele de puritate a spectrului și de nivel de putere, generatorul de semnal este alcătuit dintr-un oscilator pilot cu diodă Gunn, care sincronizează un oscilator de putere cu diodă IMPATT.

Oscilatorul pilot este echipat cu o diodă Gunn cuplată într-o cavitate de ghid de undă, fiind prevăzut cu acord mecanic pentru aju-

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

tarea frecvenței centrale și cu acord electronic cu diodă varactor (tip ROV 100) pentru baleiajul liniar al frecvenței. Diodele Gunn și varactor sînt montate decalat longitudinal (la $\sim \lambda_g/2$), prin intermediul unor tije, fiind dispuse în planul median al ghidului. Deoarece caracteristica frecvență-tensiune de acord nu este liniară, modulația liniară de frecvență se obține prin distorsionarea adecvată a unei tensiuni liniar variabile. Aceasta se realizează cu ajutorul unui amplificator neinvertor cu reacție variabilă în funcție de nivelul de tensiune aplicat la intrare [2], obținându-se o liniarizare pe porțiuni a baleiajului de frecvență (liniarizarea cu 6 segmente adoptată asigură abateri mai mici de 1,5%).

Oscilatorul de putere cu sincronizare prin injecție îndeplinește funcția de amplificator neliniar de putere al semnalului MF dat de oscilatorul pilot. Semnalul este aplicat — prin intermediul unui izolator (tip 211X, produs la IFTM) care asigură o sarcină constantă pentru oscilatorul pilot — la intrarea unui circulator cu 3 porți (tip 112X, IFTM) care separă calea de ieșire de intrarea de sincronizare. Etajul de putere este echipat cu o diodă IMPATT (tip BXY 0391, IPRS),

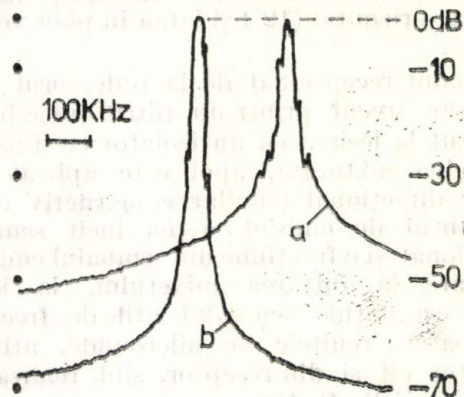


Fig. 2. Spectrul oscilatorului de putere:

a — în regim liber;
b — în regim sincronizat prin injecție.

conectată în ghidul de undă printr-o rețea rezonantă cu două linii coaxiale cuplate [3]. În figura 2 sînt prezentate spectrele semnalului obținut la ieșirea circulatorului în regim

de oscilație liberă (a) și în regim de sincronizare prin injecție (b), pentru un nivel de putere de 346 mW, la $f = 9,75$ GHz.

Filtrul trece-banda

Cerințele impuse filtrului trece-bandă au determinat alegerea soluției unui filtru de ordinul 5 în ghid, ce folosește susceptanțe inductive paralele și irisuri circulare [4], distanțate la $\lambda_g/2$. Acest tip de filtru asigură pierderi de inserție mici (1,8 dB) și o bună uniformitate a caracteristicii de amplitudine în bandă (0,5 dB), pentru o bandă de trecere la -3 dB de 85 MHz și o atenuare la 120 MHz față de frecvența centrală ($f = 9,75$ GHz) mai bună de 34 dB; factorul de undă staționară în bandă este mai mic de 1,35.

Mixerul

Informația de distanță se obține ca frecvență diferență a frecvențelor semnalelor aplicate la intrarea mixerului. Acesta folosește ca element neliniar dioda Schottky ROV 501, montată în planul median al ghidului de undă, perpendicular pe latura mare. Adaptarea impedanței diodei la sistemul de transmisie (ghid de undă) este asigurată de un circuit cu tije avînd adîncimea de pătrundere în ghid reglabilă. Mixerul are pierderi de conversie sub 8,5 dB într-o bandă mai mare de 40 MHz. Zgomotul receptorului este afectat — din cauza frecvenței intermediare de valoare scăzută — de zgomotul $1/f$ al diodei Schottky.

Concluzii

S-a realizat un traductor cu microunde pentru măsurarea distanțelor mici, lucrînd în undă continuă cu modulație liniară de frecvență, în banda X. S-a obținut o precizie a măsurărilor mai bună de $\pm 4\%$, cu o rezoluție de 0,3 — 0,4 %, în domeniul 50 — 200m.

Bibliografie

- [1] CCSIT-CE/colectiv L5, Brevet de invenție nr. 91691, OSIM.
- [2] R.M. Leier, R. W. Patston, MSN & CT, 15, nr. 12, p. 102, 1985.
- [4] * * * Application Note 968, Hewlett-Packard.
- [3] N. Marcuvitz, Waveguide Handbook, McGraw-Hill, 1951.

CZ 621.37:621.316.2

INSULA P P-WELL
SUBSTRAT BULK
FLOTANT FLOATING

Tranzistor NPN flotant în tehnologie CMOS

REMUS ALBU, HORIA GIUROIU* — BUCUREȘTI

Introducere

În tehnologiile CMOS cu p-well este disponibil un tranzistor *n*pn vertical parazit (tranzistorul *V* din figura 1). Colectorul său fiind conectat la cea mai pozitivă tensiune existentă în circuit, acest tranzistor poate fi folosit numai în conexiunea colector comun (în etajele de putere pentru comanda de LED-uri, pentru deplasarea de nivel în amplificatoare CMOS, pentru realizarea de referințe de tensiune etc.).

În lucrare este descris modul de realizare — în tehnologia CMOS — al unui tranzistor *n*pn flotant lateral. Sunt prezentate caracteristicile statice de curent și repartitia lui β pe plachetă.

Realizare și caracterizare

În circuitele digitale, tranzistorul MOS cu canal *n* funcționează în mod normal cu tensiunea sursă — (p-well) $V_s = 0$, în acest fel curentul absorbit de tranzistorul deschis fiind maxim.

Pentru o tensiune de poartă suficient de mică față de tensiunea de prag, curentul de drenă poate fi comandat polarizînd direct joncțiunea sursă — (p-well). Dependența $I_d(V_s)$ este exponențială cu panta de aproximativ kT/q . Dispozitivul funcționează acum ca un tranzistor *n*pn lateral, circulația purtătorilor efectuîndu-se „în profunzime”, mobilitatea acestora nefiind afectată de ciocnirile de suprafață.

Datorită dopării slabe a p-well, ($5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) este posibil să se obțină valori ridicate pentru cîștigul în curent al tranzistorului lateral *L*: $\beta I = I_c/I_b$, respectiv al tranzistorului vertical *V*: $\beta v = I_v/I_b$.

Pentru obținerea unui raport cît mai mare I_c/I_b , s-a folosit o structură închisă (fig. 2), cu emitorul de arie minimă și înconjurat de colector, realizat prin implantare de *P*, cu concentrația maximă de aproximativ $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

În tehnologiile cu poartă de metal și tensiune de prag de valoare relativ coborîtă nu se poate asigura un canal complet blocat, fiind necesar accesul separat la electrodul central și la poartă. Structura din figura 2 a fost implementată, cu dimensiuni minime, în tehnologia CMOS B.

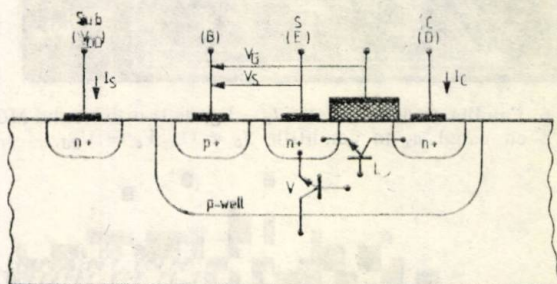


Fig. 1. Secțiune transversală prin dispozitiv.

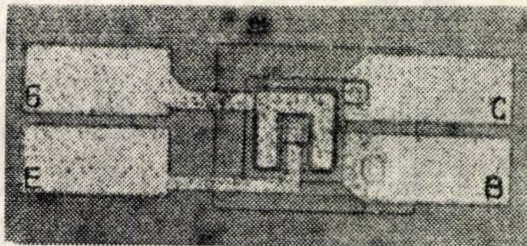


Fig. 2. Microfotografia tranzistorului cu contur închis.

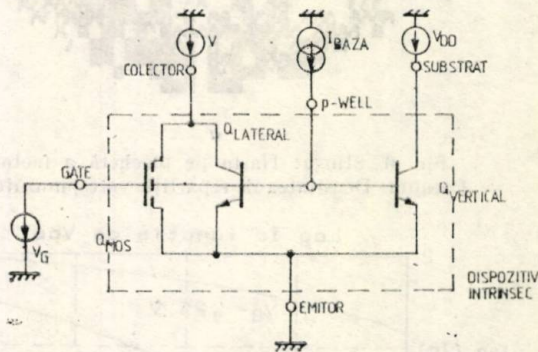
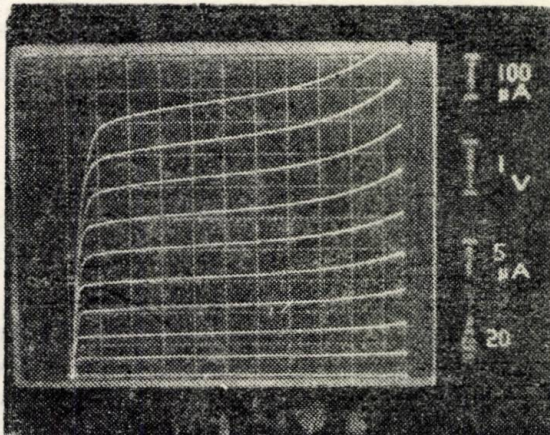


Fig. 3. Schema electrică echivalentă și modul de polarizare.

Fig. 4. Familia caracteristicilor $I_c - V_c$ pentru $V_g = -10 \text{ V}$, $V_e = V_{aa}$.

* Întreținerea Microelectronica — București.

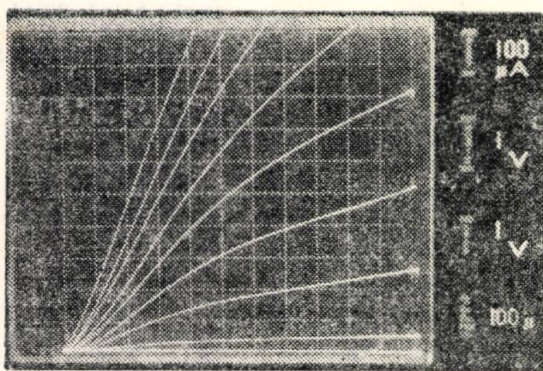


Fig. 5. Familia caracteristicilor $I_d - V_C$ ale tranzistorului MOS cu canal n , în condițiile $I_b = 0$, $V_c = V_{dd}$.

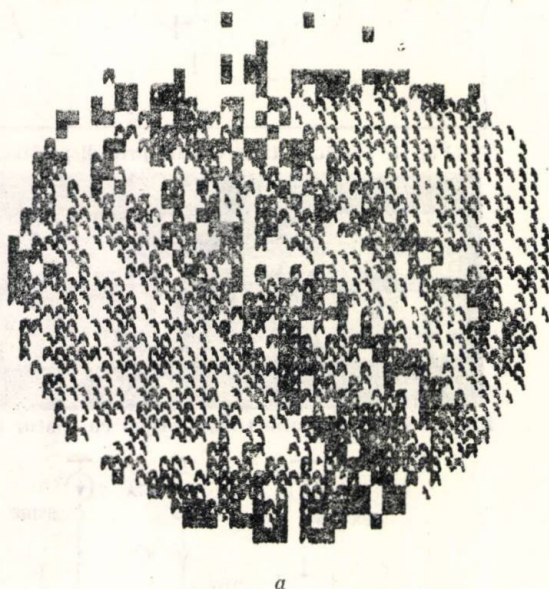


Fig. 6. Stînga: Harta pe plachetă a factorului β (Hașura accentuată corespunde unui β mare); Dreapta: Densitatea de repartiție corespunzătoare. Condițiile de măsură: $I_b = 10 \mu A$, $V_c = V_{dd}$, $V_g = 0$.

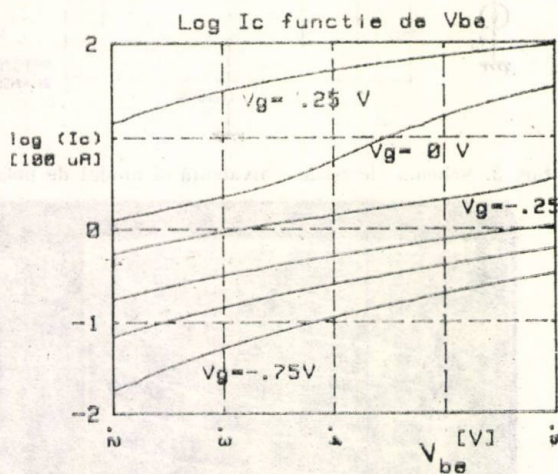


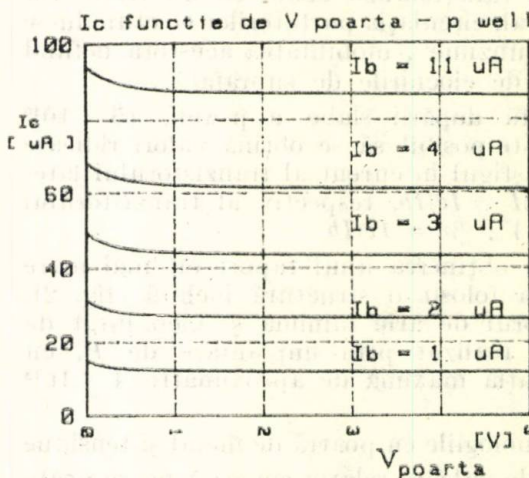
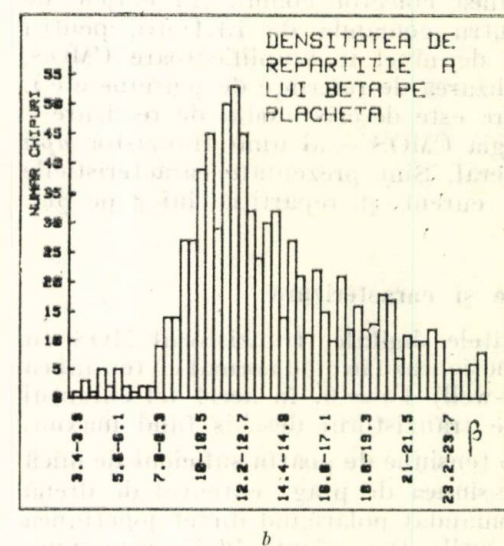
Fig. 7. Stînga: Dependența $I_c - V_{be}$ pentru diferite tensiuni de poartă și $V_{dd} = V_c$; Dreapta: Dependența curentului de colector de tensiunea de poartă pentru $V_{dd} = V_c$.

Schema de măsură folosită este cea din figura 3. Măsurătorile arată o valoare β centrată pe 12, la un curent de bază $I_b = 10 \mu A$ pentru $V_g = 0$, $V_c = V_{dd} = 5V$ (fig. 4).

Caracteristicile $I_c - V_c$ din figura 5 sînt ridicate pentru $V_g = -10V$, $V_{dd} = V_c$. Tranzistorul MOS cu canal n , pentru $I_b = 0 \mu A$, $V_{dd} = V_c$, prezintă caracteristicile din figura 5. Măsurătorile din figura 7 evidențiază dependența slabă a valorii curentului de colector de tensiunea de poartă, pentru $V_g < 0$ și $V_c = V_{dd}$.

Concluzii

Se obține astfel un tranzistor npn flotant care poate fi folosit în implementarea de diverse circuite analogice mai performante decît cele MOS uzuale, pe același cip cu circuite digitale CMOS.



Bibliografie

- [1] Eric A. Vittoz, The design of high performance analog circuits on digital CMOS chips, SSC, Vol SC-20, 06 1985

CZ: 621.3.012:539.1

CIRCUIT INTEGRAT,
STRUCTURĂ (CIP),
ARIE NECONECTATĂ,
MASCĂ DE INTERCONEXIUNI

Unicip 2000 — Arie analogică neconectată de 40 volți

RADU RÂPEANU, DAN SIMION, SILVIU PUCHIANU* — BUCUREȘTI

Introducere

Preocuparea fabricanților de circuite integrate pentru descoperirea și exploatarea unor segmente de piață conduce la diversificarea conceptului de „proiectare la comandă” pe arii de componente neconectate [1,2,3].

Această direcție permite, cu efort minim de proiectare și într-un timp relativ scurt, satisfacerea comenzilor de mică și medie anvergură (mii...zeci de mii de bucăți) precum și a solicitărilor cu grad mare de particularitate a căror abordare este dificilă în contextul producției de masă. Alături de realizări similare (UNICIP 1000 [4], BP 1000 [5]) la IPRS Băneasa s-a procesat o arie de componente neconectate, UNICIP 2000, destinată aplicațiilor de medie putere și/sau tensiune de 40 V.

Strategii de proiectare

Domeniul de aplicații vizat include, fără să epuizeze, circuitele analogice liniare de tipul amplificatoarelor operaționale de putere, precum și circuitele analogice neliniare, de tipul comparatoarelor de nivele mari de tensiune sau al circuitelor de interfață între tehnica de calcul și elemente de acționări industriale.

Cerințele de proiectare au dus la ideea combinării pe cip a tehnologiei de 40 V cu cea a tranzistoarelor de curent mare, ca și includerea unui mare număr de componente utilizate curent în circuitele integrate (tranzistoare PNP multicolector, diode ZENER, capacitoare etc.). De asemenea s-a ținut cont și de posibilitatea încapsulării într-o gamă largă, de la capsula „minidip” până la cea de putere.

Caraacteristici ale ariei neconectate BU 2000

Din punct de vedere tehnologic aria BU 2000 este realizată pe un proces standard de tip „741”, cu $V_{CEO} = 40V$, rezistența superficială a bazei fiind 200 ohmi/□. Este de remarcat prezența difuziei de puț colector, care asigură tranzistoarelor de curent mare o comportare bună la saturație ($R_s = 5$ ohmi la $I_c = 200$ mA).

Inventarul ariei BU 2000

Pe o suprafață de $2300 \mu m \times 1700 \mu m$, structura BU 2000 conține următoarele componente:

- 60 de tranzistoare = 38 NPN mici (max. 10 mA);
= 12 PNP laterali bicolector;
= 1 PNP lateral cu 8 colectori;
= 6 PNP verticali;
= 4 NPN mari (300 mA);
= 1 JFET cu poarta la substrat.
- 100 de rezistențe de bază = 22×8 kohmi;
= 28×4 kohmi;
= 18×2 kohmi;
= 16×1 kohm;
= $16 \times 0,5$ kohmi.
- Alte componente: = 6 diode ZENER „pe zid” ($V_z = 6V$)
= 2 condensatoare de 30 pF;
= 4 rezistențe pinch de 30 kohmi

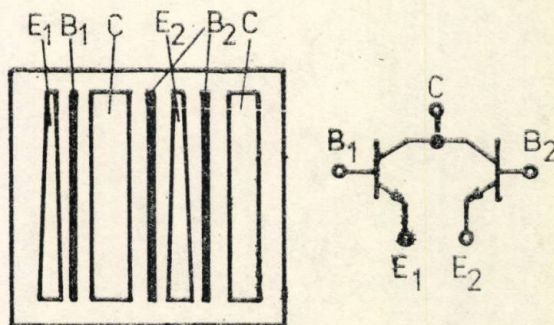


Fig. 1

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa.

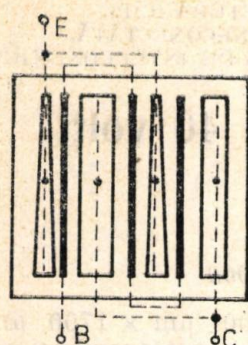


Fig. 2

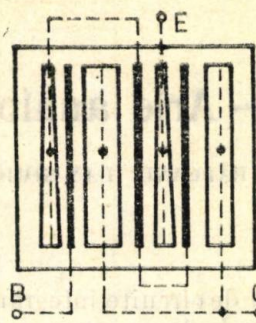
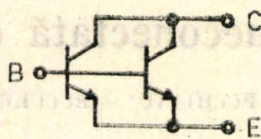


Fig. 3

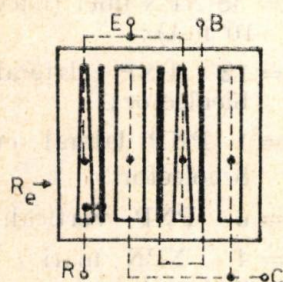


Fig. 4

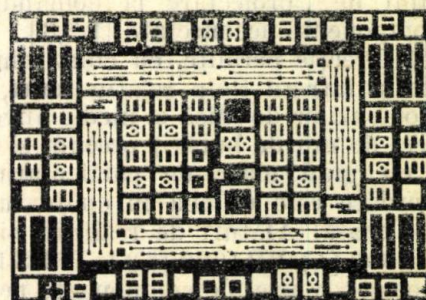
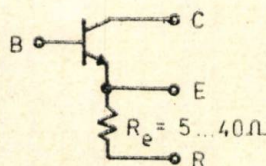


Fig. 5

Abordarea aplicațiilor de putere

Pentru a crește flexibilitatea structurii de tranzistor NPN mare în aplicațiile de acționări industriale, s-a optat pentru o geometrie cu două insule de bază, respectiv cu doi emitori (fig. 1). Aceasta permite folosirea lui ca poartă logică SAU-NU de putere ($I_C = 2 \times 150 \text{ mA}$).

Pentru utilizarea ca tranzistor de 300 mA se recomandă conexiunea din figura 2.

În figura 3 se prezintă o structură Darling-ton avînd $I_C = 200 \text{ mA}$ și $B = 10000$.

În fine, în figura 4, una din secțiunile tranzistorului este folosită ca rezistență de limitare în emitor.

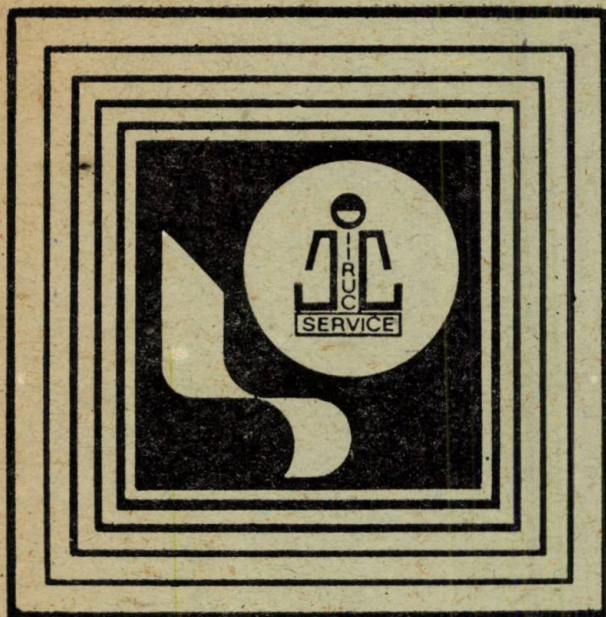
Concluzii

A fost prezentată, pe scurt, o structură neconectată orientată spre aplicații de tensiune mare și medie putere. Pe lîngă componentele de uz general, structura conține și o geometrie originală de tranzistor NPN mare (300 mA).

Bibliografie

- [1] * * * The Monochip, Interdesign Co., 1978.
- [2] * * * ULA- und Monochip Bausteine, Ferranti, 1979,
- [3] C. A. Popescu, Tehnica MONOCIP, 1981.
- [4] M. Bodea ș.a., Circuite integrate liniare, vol. 3, 1984.
- [5] A. Păunescu, BETA-IPRS, august 1984.





IIRUC service

**Întreprinderea pentru Întreținerea
și Repararea Utilajelor de Calcul
și de Electronică Profesională**

București — România
Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, sector 2
Telefon : 88.20.70
Telex : Service I.I.R.U.C., 11716 R

Întreprinderea noastră a luat ființă în 1968, în București.

Acum, IIRUC oferă service tehnic pentru o gamă foarte largă de echipamente, printre care:

- comandă numerică pentru mașini-unelte
- sisteme și minisisteme de calcul
- instrumente electronice de analiză și măsură
- automate de dirijarea circulației
- televiziune în circuit închis
- radiotelefoane
- aparatură medicală
- diverse alte echipamente

În principal, service-ul tehnic pe care îl oferim se compune din :

- întreținerea preventivă periodică
- intervenții la cerere la sediul beneficiarului
- reparații și recondiționări în laboratoare proprii
- instruirea personalului de exploatare al beneficiarului.

Aceste servicii sînt oferite atât utilizatorilor, cît și producătorilor români sau străini, în România sau pe terțe piețe.

11 SECȚII

DE PRODUCȚIE — 80 DE FILIALE

În prezent, IIRUC deține contracte de service cu mai mult de 16 000 de beneficiari români sau străini, deservind un parc de peste 350 000 de unități fizice.

Mai mult decît atât, acest parc se caracterizează prin existența a aproximativ 1 000 de tipuri diferite de echipamente, provenind de la 60 de producători independenți.

Pentru a răspunde acestor cerințe, ne-am structurat activitatea pe 11 secții de producție coordonate prin Sediul Central din București.

Secții naționale pentru service dedicat

- S 15 — Procese automatizate prin comandă numerică
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 87.37.20
- S 20 — Sisteme și minisisteme de calcul cu utilizare generală
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.68.20

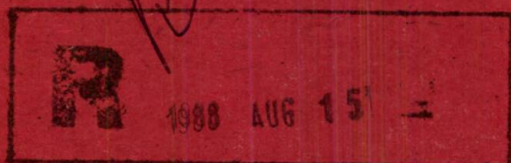
Secții teritoriale pentru service generalizat

- S 03 — BUCUREȘTI
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.60.65
- S 07 — OLTEANIA
— Cartier Rovine, bl. A, Craiova/România, tel. : 941/4.70.61
- S 08 — BANAT
— Piața 700, Timișoara/România, tel. : 961/3.45.26
- S 09 — TRANSILVANIA-NORD
— Str. Cîmpeni nr. 28, Cluj-Napoca/România, tel. : 951/3.41.14
- S 10 — TRANSILVANIA-SUD
— Str. Traian nr. 34, Brașov/România, tel. : 921/3.09.37
- S 11 — MOLDOVA
— Str. Republicii, Iași/România, tel. : 981/3.28.44, 3.33.02
- S 12 — MUNTENIA
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.61.80
- S 13 — DOBROGEA
— Str. Poporului nr. 121, Constanța/România, tel. : 916/6.45.95, 6.47.93

E2040

~~ET~~

ETE



Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA • BUCUREȘTI • ANUL 32 NR. 2 • Iunie 1988

SPECIAL ISSUE ON AUTOMATIC CONTROL TOPICS OF THE AUTOMATIC CONTROL COMMISSION OF THE SOCIALIST REPUBLIC OF ROMANIA FOUNDER OF



INTERNATIONAL FEDERATION OF AUTOMATIC CONTROL

REPRESENTED IN ROMANIA BY I.P.A. — THE INSTITUTE OF SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING FOR AUTOMATION

The papers of this issue were presented on the occasion of the following technical and scientific events organized by IPA:

- XIth Session of technical and scientific papers in the field of automatic control.
- SEPA — 1987 — Symposium on power electronics and applications.
- Theta Symposium — 1987 — Symposium on automatic test technologies and equipment.

The selection of papers for publication was made by a group of IPA specialists led by: (IPA) Manager — dipl. eng. A. Predoi, CTE (Technical and Economic Committee) expert — dipl. eng. G. Weinrich, dipl. eng. D. Totolici, interpreter — C. Ghiță.



THE INSTITUTE OF SCIENTIFIC RESEARCH AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING FOR AUTOMATION

INVITES YOU: TO

XIIth SESSION ON AUTOMATIC CONTROL (WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION)

FIRST ANNOUNCEMENT AND CALL FOR PAPERS



June 7 — 9, 1989
Bucharest — Romania
Organizer: IPA
Mailing Address: Calea Floreasca
167, sector 1, 71231 București, ROMANIA

CALL FOR PAPERS:

The participants are invited to observe the topics of the session and to submit an abstract of the paper in two copies (150—300 words) in English or Russian, till May 31, 1988.

TOPICS:

- Automatic system for continuous process control.
- Automatic systems for discontinuous process control and flexible manufacturing lines.
- Adjustable electric drives.
- Computing, data teleprocessing and teletransmission equipment.
- Software products for process informatics.
- New automation devices.
- Automation equipment for numerically controlled machine-tools (CNC) and industrial robots control.
- Automatic test equipment.
- Economic efficiency, organization optimizing and social aspects of automatic control.
- Aspects of international technical and scientific cooperation.

ELECTROTEHNICA AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

Anul 32

Nr. 2

iunie 1988

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA CUPRINS

EDITORIAL

CZ 621.313.047 : 621.316.052

ANALIZA MODELARE

Stanciu, D. ș.a.: Analiza și modelarea sistemelor multi-variabile cu comutare periodică.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 70

În lucrare se face o prezentare sistematică și unitară a metodelor de analiză pentru aceste sisteme, însoțite de exemple de aplicare. Au fost detaliate mai mult metodele de analiză în domeniul timp și mai ales aplicarea variabilelor de stare, aceasta dovedindu-se oportună pentru aplicarea la asemenea sisteme. Sint prezentate rezultatele obținute prin simulare pe calculatorul numeric.

CZ 007.52 : 681.14

ECHIPAMENTE CNC

Sirbu, M. ș.a.: Tendințe actuale în realizarea echipamentelor de comandă numerică pentru mașini-unelte — FAMILIA NUMEROM 700.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 79

Lucrarea prezintă perspectivele în domeniul echipamentelor CNC pentru mașini-unelte și roboți industriali pe plan mondial și în țară (familia NUMEROM 700) în lumina cerințelor actuale impuse de procesele de prelucrare: tehnici MENU, grafice color, integrare în sisteme flexibile de prelucrare, structuri tipizate, fiabilitate și disponibilitate ridicată.

CZ 621—83

ACTIONĂRI REGLABILE MAȘINI-UNELTE

Weinrich, G. ș.a.: Considerații asupra utilizării motoarelor sincrone și asincrone la acționările reglabile ale mașinilor unelte și roboților industriali.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 84

În lucrare se prezintă comparativ variante pentru acționările de c.a. destinate mașinilor-unelte; cu motoare de c.c. „fără perii”, cu motoare sincrone autopilotate, în regim sinusoidal și cu motoare asincrone. Se trag concluzii privind tendințele și domeniile de aplicare.

CZ 681.31 : 338.6

CALCULATOARE DE PROCES

Lazăr, S.I. ș.a.: ECAROM 886 M — Echipament multiprocesor pentru supravegherea și conducerea proceselor tehnologice.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 93
ECAROM 886/M face parte din familia ECAROM 886, fiind primul tip realizat în cadrul acestei noi linii de calculatoare de proces, dedicat în principal aplicațiilor tip „supraveghere” pentru procese relativ lente; construit modular atît software cît și hardware se adaptează ușor cerințelor specifice fiecărei aplicații asigurind schimbarea și/sau adăugarea de funcții noi.

CZ 007.52 : 621—52

ECHIPAMENTE DE COMANDĂ ROBOȚI INDUSTRIALI

Frîstok, St. ș.a.: Echipamente de comandă și acționare a roboților industriali — NUMEROM 670/671.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 96

Lucrarea prezintă familia de echipamente de comandă și acționare a roboților industriali, NUMEROM 670/671 realizate în 5 versiuni destinate unor aplicații de alimentare a mașinilor-unelte, sudură continuă și sudură în puncte, testare robotizată, a plachetelor electronice, implementare automată a componentelor.

CZ 621.316.543 : 620.9

INVERTOR

SURSA DE ALIMENTARE NEÎNTRERUPTĂ

Gavăț, St. ș.a.: Invertoare monofazate cu tranzistoare pentru surse de alimentare neîntreruptă de mică putere.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 99

În lucrare se prezintă cîteva principii teoretice și cîteva rezultate preliminare în legătură cu invertoarele monofazate cu tranzistoare de putere. Se accentuează problemele de optimizare a soluției invertorului în scopul realizării simultane a unui factor de distorsiuni redus și al unui răspuns rapid la șocul de sarcină. Se menționează și rezultatele experimentale obținute pe modele de laborator de putere pînă la 5 kVA.

CZ 621.316.54 : 621.316.2

REȚELE LOCALE PROWAY

Sirbu, M. ș.a.: Rețele locale tip Proway specifice sistemelor de conducere a proceselor tehnologice distribuite.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 105

Lucrarea prezintă conceptul de organizare a rețelilor Proway (standard IEC). Se detaliază procedura de transmisie (cadru HDLC) precum și serviciile oferite utilizatorului

CZ 621.398

TELEMECANICA — METROU

Cartianu, M. ș.a.: Sisteme de dispecerizare cu microprocesor cu aplicații în energetică și transporturi la întreprinderea METROUL București.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 110

Sistemul de dispecerizare realizat la MAGISTRALA II Metrou, asigură alimentarea cu energia electrică a stațiilor de Metrou în condițiile de continuitate și fiabilitate ridicată precum și circulația ritmică și în-deplină siguranță a trenurilor de metrou.

CZ 681.31 : 621.12

CALCULATOR DE PROCES

Dinescu, O. ș.a.: ARPA — Sistem de evitare a coliziunii în navigația maritimă, echipament dedicat de tip multiprocesor.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 2, iunie 1988, p. 114

Sistemul ARPA este un echipament de proces, multi-microcalculator, prelucrind în timp real informații furnizate de instalațiile navei (RADAR, GIROCOMPAS și LOCH) și informind comandantul asupra situației maritime generale din punctul de vedere al unor posibile coliziuni indicind în particular datele cinematice ale oricărei ținte.

СОДЕРЖАНИЕ

Передовая статья

УДК 621.313.047: 621.316.052

АНАЛИЗ

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Станчу, Д. и другие: Анализ и моделирование много-переменных систем с периодической коммутацией.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 70

В работе единой систематически представлены методы анализа вышеупомянутых систем, и приведены примеры их использования. Были также подробно рассмотрены некоторые способы анализа диапазона времени, а также, целесообразность применения переменных состояния при данных системах. Приведены полученные результаты моделирования на ЦВМ.

УДК 007.52: 681.14

УЧПУ

Сырбу, М. и другие: Современные тенденции реализации УЧПУ станками. Семейство „NUMEROM 700.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 79

В работе представлены румынские и зарубежные перспективные разработки в области УЧПУ станками и ПР (семейство NUMEROM 700) в свете заданных, обрабатывающими процессами, современных требований; техники „меню”, цветные графики, интегрирование в ПП, типизированные структуры, повышенная надежность и эксплуатационная готовность.



УДК 621-83

РЕГУЛИРУЕМЫЕ ПРИВОДЫ СТАНКИ

Вайнрих, Г. и другие: Некоторые соображения о применении синхронных и асинхронных двигателей при регулируемых приводах станков и ПР.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 84

В работе сравнительно представлены варианты приводов переменного тока предназначенных для станков с бесщетными двигателями постоянного тока, самоуправляемыми синхронными двигателями в синусоидальном режиме или с асинхронными двигателями. Даются итоги о тенденциях развития и областях применения.

УДК 681.31: 338.6

УПРАВЛЯЮЩИЕ ЭВМ

Лазар, С. И.: „ЕСАРОМ 886/М“ мультипроцессорное устройств о для надзора и управления технологическими процессами.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 93

ЕСАРОМ 886/М — первый тип новой линии управляющих ЭВМ, которой предназначен, главным образом, для применений типа „надзора“ за относительно медленными процессами и относится к семейству устройств ЕСАРОМ 886. Данное устройство предусмотрено модулярной структурой ТО и РТО, в результате чего, легко приспособляется к специфическим требованиям каждого применения, обеспечивая, при этом, замену и/или дополнение новыми функциями.

УДК 007.52: 621-53

УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

Фрюшток, Шт. и другие: Устройства управления и привода ПР NUMEROM 627/671.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 96

В работе представлено семейство состоящее из 5 вариантов устройств управления и привода ПР NUMEROM 670/671 предназначенных для питания станков непрерывной и точечной сварки, роботизированного тестирования электронных плат, автоматической вбивки компонентов.

УДК 621.316.543; 620.9

ИНВЕРТЕР ИСТОЧНИК НЕПРЕРЫВНОГО ПИТАНИЯ

Гавэт, Шт. и другие: Транзисторные однофазные инвертеры для источников непрерывного питания малой мощности.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 99

В работе приведены некоторые теоретические принципы и предварительные результаты связанные с транзисторными однорезными инвертерами мощности. Особенно имеются в виду вопросы оптимизации решения инвертера, в целях одновременной реализации коэффициента искажения и быстрого ответа при удара нагрузки. Даны опытные результаты, полученные при проведении лабораторных испытаниях образцов с мощностью до 5 КВА.

УДК 621.316.54; 621.316.2

ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ ПРОУЭЙ

Сырбу, М. и другие: Локальные сети типа „Проуэй“ специфические для систем управления распределенными технологическими процессами.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 105

В работе даны сведения об организации сетей Проуэй (СТ. ИЕС), а также, подробно рассмотрены процедуры передачи (кадр HDLC), и предлагаемые пользователю услуги. 105

УДК 621.398

ТЕЛЕМЕХАНИКА — МЕТРО

Картиян, М. и другие: Микропроцессорные системы диспетчеризации электроэнергии и пассажироборота метро- г. Бухарест.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 110

Система диспетчеризации II-ой магистрали бухарестского метро обеспечивает питание станции метро электроэнергией, в условиях непрерывности и повышенной надежности, а также, ритмического и надежного движения поездов метро.

УДК 681.31: 621.12

УПРАВЛЯЮЩАЯ ЭВМ

Динеску, О. и другие: АРРА — Специализированная мультипроцессорная система предупреждения столкновения судов.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 2, июнь 1988 г., стр. 114

Система АРРА — управляющие, мультимикро ЭВМ устройство предназначенное для обработки переданной с разных приборов судна (радар, гироскопа и лага) информации в реальном времени, а также для передачи информации об общем судоходном положении, в целях предупреждения возможного столкновения судов путем индикации частных кинематических данных любой мишени.

INHALT

LEITARTIKEL

DK 621.313.047; 621.316.052

ANALYSE MODELLIERUNG

Stanciu, D. u. a.: Die Analyse und Modellierung der multi-variablen Systeme mit periodischer Umschaltung.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 70

Im Artikel wird unter Anführung von Anwendungsbeispielen eine systematische und einheitliche Darstellung der Analysemethoden für diese Systeme vorgenommen. Eingehender untersucht wurden die Analysemethoden im Zeitbereich und vor allem die Anwendung der Zustandsvariablen, was sich für die Anwendung bei solchen Systemen als günstig erwiesen hat. Es werden die durch Simulation auf dem numerischen Rechner erhaltenen Ergebnisse dargestellt.

DK 007.52 : 681.14

CNC AUSTRÜSTUNGEN

Sirbu, M. u. a.: Gegenwärtige Richtlinien in der Realisierung der Ausrüstungen für numerische Steuerung für Werkzeugmaschinen — FAMILIE NUMEROM 700.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 79

In der Arbeit werden die Perspektiven auf dem Gebiet der CNC Ausrüstungen für Werkzeugmaschinen und Industrieroboter auf Weltniveau und im Innland (FAMILIE NUMEROM 700) dargestellt im Lichte der gegenwärtigen Anforderungen, die durch die Verarbeitungsprozesse gestellt werden: MEN U Techniken, Farbgraphiken, Integrierung in flexible Verarbeitungssysteme, typisierte Strukturen, erhöhte Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit.

DK 621 — 83

REGELBARE ANTRIEBE WERKZEUGMASCHINEN

Weinrich, G. u. a.: Betrachtungen zur Anwendung der Synchron — und Asynchronmotoren bei den regelbaren Antrieben der Werkzeugmaschinen und Industrieroboter.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 84

In der Arbeit werden vergleichend Varianten für die Wechselstromantriebe dargestellt, die bestimmt sind für die Werkzeugmaschinen mit Gs. motoren „ohne Bürsten“, mit selbstgesteuerten Synchronmotoren, in sinusoidalem Betrieb und mit Asynchronmotoren. Es werden Schlussfolgerungen aufgestellt betreffend die Richtlinien und Anwendungsbereiche.

DK 681.31 : 338.6

PROZESSRECHNER

Lazăr, I.S. u.a.: ECAROM 886 M — Multiprozessorausrüstung für Überwachung und Leitung der technologischen Prozesse.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 93
ECAROM 886/M gehört zur Familie ECAROM 886 und ist der erste, im Rahmen dieser neuen Prozessrechnerlinie realisierte Typ. Er dient hauptsächlich den Anwendungen vom Typ „Überwachung“ für relativ langsame Prozess; da er sowohl software — als auch hardwaremässig modular aufgebaut ist, lässt er sich leicht an die spezifischen Anforderungen jeder Anwendung anpassen, wobei er die Änderung und/oder Hinzufügung neuer Funktionen sichert.

DK 007.52 : 621.52

STEUERAUSRÜSTUNGEN INDUSTRIEROBOTER

Früstock, St. u.a.: Steuerungs- und Antriebsausrüstungen der Industrieroboter — NUMEROM 670/671.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 96
In der Arbeit wird dargestellt die Familie der Steuerungs- und Antriebsausrüstungen der Industrieroboter, NUMEROM 670/671 in 5 Varianten ausgeführt, bestimmt für Versorgungszugmaschinen, Dauer- und Punktschweissen, robotisierte Testung, der elektronischen Platten, automatische Implementierung der Bauteile.

DK 621.316.563 : 620.9

UMFORMER

DAUERVERSORGUNGSGUELLE

Gavăț, St. u.a.: Einphasenumformer mit Transistoren für Dauerversorgungsquelle von kleiner Leistung.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 99
In der Arbeit werden dargestellt einige theoretische Prinzipien und einige Präliminäregebnisse bezüglich der Einphasenumformer mit Leistungstransistoren. Die Optimierungsprobleme der Umformerlösung zwecks gleichzeitiger Realisierung eines reduzierten Verformungsfaktors und einer schnellen Antwort, auf den Belastungsstoss werden unterstrichen. Ebenfalls werden die experimentellen Ergebnisse angeführt, die auf Labormodellen mit einer Leistung bis zu 5 kVA erhalten wurden.

DK 621.316.54 : 621.316.2

ÖRTLICHE NETZWERKE PROWAY

Strbu, M. u.a.: Örtliche Netzwerke Typ Proway spezifisch den Leitprozessen der verteilten technologischen Prozesse.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 105
In der Arbeit wird das Organisierungskonzept der Proway Netzwerke (IEC — Standard) dargestellt. Man untersucht im Detail die Übertragungsprozedur (Rahmen HDLC) sowie die dem Anwender angebotenen Dienstleistungen.

DK 621.398

TELEMECHANIK — U — BAHN

Cartianu, M. u.a.: Dispatchersysteme mit Mikroprozessor mit Anwendungen in der Energetik und Transportwesen beim Unternehmen „U-Bahn“ București.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 110
Das Dispatchersystem bei der II U-Bahntrasse realisiert, sichert die Versorgung mit elektrischer Energie der U-Bahnhaltestellen unter den Bedingungen der Kontinuität und erhöhten Zuverlässigkeit und des regelmässigen Verkehrs und in vollständiger Sicherheit der U-Bahnzüge.

DK 681.31 : 621.12

PROZESSRECHNER

Dinescu, O. u.a.: ARPA-System für Vermeidung des Zusammenstosses in der Schifffahrt, Ausrüstung von Typ Multiprozessor.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 2, Juni 1988, S. 114
Das ARPA-System ist eine Prozessausrüstung, Multi-mikrorechner und bearbeitet in Echtzeit Informationen, die von den Einrichtungen des Schiffes kommen (RADAR, GIROCOMPAS und LOCH) und benachrichtigen den Kommandant über die allgemeine Schifffahrtslage vom Standpunkt möglicher Zusammenstösse, indem es im einzelnen die kinematischen Daten jedwelchen Zieles anzeigt.

CONTENTS

EDITORIAL

DC 621.313.047 : 621.316.052

ANALYSIS

MODELING

Stanciu, D. a.o.: Analysis and modelling of multivariable systems with periodical switching.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 70

The paper makes a systematic and unitary description of the analysis methods for these systems, together with application examples. There have been detailed, especially, the analysis methods in the time range and particularly the application of state variables, this proving opportune for the application to such systems. The results obtained through simulation on the digital computer are described.

DC 007.52 : 681.14

CNC EQUIPMENT

Sirbu, M. a.o.: Present trends in the development of numerical control equipment for machine-tools — The NUMEROM 700 Family.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 79

The paper describes the prospects in the field of computerized numerical control for machine-tools and industrial robots worldwide and in our country (The NUMEROM 700 family) in the light of present requirements of machining processes: MENU techniques, color graphs, integration into flexible manufacturing systems, standard structures high reliability and availability.

DC 621 — 83

ADJUSTABLE DRIVES FOR MACHINE-TOOLS

Weinrich, G. a.o.: Considerations on the use of synchronous and asynchronous motors for the adjustable drives of machine-tools and industrial robots.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 84

The paper describes, comparatively versions of a.c. drives for machine-tools: with „brushless“ d.c. motors, with self-piloted synchronous motors, in sinusoidal mode and with induction motors. Conclusions are drawn regarding trends and application fields.

DK 681.31 : 338.6

PROCESS COMPUTER

Lazăr, S.I. a.o.: ECAROM 886 M — Multiprocessor equipment for technological processes supervision and control.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 93

ECAROM 886/M belongs to the ECAROM 886 family and is the first type to have been realized of this new line of process computers dedicated mainly to „supervisory“ type applications for relatively slow processes due to its modular design — both hardware and software the unit can be easily adapted to meet the specific requirements of each application, ensuring the changing and/or addition of new functions.

DC 007.52 : 621 — 52

INDUSTRIAL ROBOTS CONTROL EQUIPMENTS

Früstock, St. a.o.: Industrial robots control and drive equipments — NUMEROM 670/671.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 96

The paper introduces the family of industrial robots control and drive equipments — NUMEROM 670/671 in five versions, meant for the power supply of machine-tools, continuous welding and spot welding, robotized testing of electronic boards automatic insertion of components.

DK 621.316.543 : 620.9

INVERTER

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

Gavăț, St. a.o.: Single phase inverters with transistors for low power uninterruptible power supplies.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 99

The paper presents a few theoretical principles and preliminary results regarding single-phase inverters with power transistors. Emphasis is laid on such aspects as optimizing of the inverter solution in view of the simultaneous obtaining of a low distortion factor and of a fast response to the load shock. The experimental results obtained on laboratory modes with a power of up to 5 kVA are also mentioned.

DC 621.316.54 : 621.316.2**PROWAY LOCAL NETWORKS**

Sirbu, M. a.o. : Proway type local networks specific to the distributed technological processes control.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 105

The paper describes the organization concept of the Proway networks (IEC standard). The transmission procedure (HDLC frame) as well as the services offered to the user are presented in detail.

DC 621.398**TELEMECHANICS — SUBWAY**

Cartianu, M. a.o. : Microprocessor — based dispatching systems with applications in energetics and transports at the Subway Enterprise-Bucharest.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 110

The dispatching system provided for the Subway Line 11 ensures the electric power supply of the Subway stations under conditions of high reliability and continuity as well as a rhythmic and safe traffic of the subway trains.

DC 681.31 : 621.12**PROCESS COMPUTER**

Dinescu, O. a.o. : ARPA — Collision avoidance system for sea navigation, multiprocessor — type dedicated equipment.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, June 1988, p. 114

The ARPA system is a multimicrocomputer process control equipment ensuring the real time processing of the information supplied by the ship equipments (RADAR, GYROCOMPASS and LOG) and informing the captain of the general, sea conditions from the point of view of a possible collision, indicating particularly the Kinematic data of any target.

SOMMAIRE**Editorial****CD 621.313.047 : 621.316.052****ANALYSE****SIMULATION**

Stanciu, D. et au. : Analyse et simulation des systèmes multi-variables à commutation périodique.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 70

Dans ce travail on fait une présentation systématique et unitaire des méthodes d'analyse pour ces systèmes, accompagnées d'exemples d'application. On y a détaillé d'avantage les méthodes d'analyse dans le domaine temps et en particulier l'application des variables d'état, cela s'avérant opportune pour l'application à des pareils systèmes. On présente les résultats obtenus par simulation sur l'ordinateur numérique.

CD 007.52:681.14**EQUIPEMENT CNC**

Sirbu, M. et au. : Tendances actuelles dans la réalisation des équipements de commande numérique pour machines-outils — FAMILLE NUMEROM 700.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 79

Le travail présente les perspectives dans le domaine des équipements CNC pour machines-outils et robots industriels sur le plan mondial et en Roumanie (famille NUMEROM 700) à la lumière des exigences actuelles imposées par les processus de traitement: techniques MENU, graphiques colorés, intégration en systèmes flexibles de traitements, structures typifiées, fiabilité et disponibilité élevée.

CD 621.83**ENTRAÎNEMENTS REGLABLES
MACHINES-OUTILS**

Weinrich, G. et au. : Considération sur l'utilisation des moteurs synchrones et asynchrones aux entraînements réglables des machines-outils et des robots industriels.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 84

On y présente comparativement des variantes pour les entraînements à courant alternatif destinées aux machines-outils à moteurs à courant continu sans brosses, à moteurs synchrones autocommandés, en régime sinusoïdal, et à moteurs asynchrones. On y tire des conclusions relatives aux tendances et aux domaines d'application.

CD 681.31:338.6**ORDINATEURS DE PROCESSUS**

Lăzăreș, S.I. et au. : ECAROM 886M — Equipement multiprocesseur de surveillance et commande des processus technologiques.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 93

ECAROM 886/M appartient à la famille ECAROM 886, étant le premier type réalisé dans le cadre de cette nouvelle série d'ordinateurs de processus destiné principalement aux applications de type „surveillance” pour processus relativement lents; de construction modulaire tant software que hardware il s'adapte aisément aux exigences spécifiques à chaque application en assurant le changement et/ou l'addition de nouvelles fonctions.

CD 007.52:621.52**EQUIPEMENTS DE COMMANDE
ROBOTS INDUSTRIELS**

Frühschütz, St. et au. : Equipements de commande et entraînement des robots industriels NUMEROM 670/671.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 96

Le travail présente la famille d'équipements de commande et entraînement des robots industriels, NUMERON 670/671 réalisés en 5 versions destinées à des applications d'alimentation des machines-outils, soudure continue, test robotisé des plaquettes électroniques, implantation automatique des composantes.

CD 621.316.543:620.9**INVERSEUR****SOURCE D'ALIMENTATION CONTINUE**

Gavăț, St. et au. : Inverseurs monophasés à transistors pour sources d'alimentation continue de petite puissance.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 99

Le travail présente quelques principes théoriques et résultats préliminaires relatifs aux inverseurs monophasés à transistors de puissance. On y insiste sur les problèmes d'optimisation de la solution de l'inverseur dans le but de la réalisation simultanée d'un facteur de distorsions réduit et d'une réponse rapide au coup de charge. On y fait mention également des résultats expérimentaux acquis sur modèles de laboratoire à puissance jusqu'à 5 kVA.

CD 621.316.54:621.316.2**RÉSEAUX LOCAUX PROWAY**

Sirbu, M. et au. : Réseaux locaux du type Proway spécifiques aux systèmes de commande des processus technologiques distribués.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 105

Le travail présente le concept d'organisation des réseaux Proway (standard IEC). On y détaille la procédure de transmission (cadre HDLC) la procédure de transmission (cadre HDLC) ainsi que les services offerts à l'utilisateur.

CD 621.398**TELEMECANIQUE — METRO**

Cartianu, M. et au. : Systèmes de dispatching à microprocesseur avec applications en énergétique et transports à l'Entreprise METROUL Bucarest.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 110

Le système de dispatching réalisé pour la MAGISTRALE II MÉTRO, assure l'alimentation d'énergie électrique des stations de Métro dans les conditions de continuité et fiabilité élevée ainsi que la circulation rythmique et en sécurité complète des trains de métro.

CD 681.31:621.12**ORDINATEUR DE PROCESSUS**

Dinescu, O. et au. : ARPA — Système pour parer une collision dans la navigation maritime, équipement spécialisé du type multiprocesseur.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 2, juin 1988, p. 114

Le système ARPA est un équipement de processus, multimicrocalculateur, traitant en temps réel les informations fournies par les installations du navire (RADAR, GYROCOMPAS et LOCH) et informant le commandant de la situation maritime générale du point de vue de possible collisions indiquant en particulier les données cinématiques de toute cible.

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Automatica și electronica nr. 2

Realizări și perspective IPA privind automatizarea — Mijloc important pentru progres și modernizare

ING. A. PREDOI* BUCUREȘTI

Apariția acestui număr al revistei se află aliniat la pregătirile pe care Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică — IPA, le face în vederea apropiatei aniversări a „30 de ani în slujba automatizării”.

La răserucea cu realizările și împlinirile de până acum și a orientărilor până în 1990 — perioadă definită drept „deceniul științei, tehnicii, calității și eficienței” răspunzând vibranțelor chemări ale secretarului general al partidului, oamenii muncii din I.P.A. muncesc cu însuflețire și abnegație, acționind în spirit revoluționar pentru a fi la înălțimea încrederii și a condițiilor fără precedent create de conducerea superioară a țării. Sub directa îndrumare a conducerii de stat au fost elaborate, adoptate și se aplică ample programe de cercetare și dezvoltare tehnologică pentru perfecționarea organizării și modernizarea proceselor de producție, creșterea eficienței economice în toate sectoarele de activitate.

Încă de la cîincinalul de origine al celor două decenii ce se constituie în perioada pe care simbolice și deplin meritat o denumim „Epoca Nicolae Ceaușescu”, cea mai fertilă din istoria mult și greu-încercatului nostru popor, epoca celor mai mari dintre marile noastre împliniri, creșterea și diversificarea în ritm susținut a industriei mijloacelor de automatizare, s-a impus ca o necesitate obiectivă a dezvoltării și modernizării întregii noastre industrii. Chiar în 1965, în Raportul la Congresul al IX-lea al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, urmărind promovarea neabătută a noului printr-o strategie cu bătaie lungă și refuzînd orice dogmă arăta: „Pentru a face față necesităților de mașini și aparate de măsură, control și automatizare, producția industriei electrotehnice va atinge cel mai înalt ritm din sectorul construcției de mașini, sporind în medie cu peste 16 la sută anual”. Și mai departe: „Va trebui lărgită

baza industriei electrotehnice, deosebit de importantă pentru dezvoltarea în perspectivă a economiei, de ea depinzînd automatizarea proceselor de producție în pas cu cerințele revoluției tehnico-științifice”.

Retrospectiva mai cu seamă a ultimelor două decenii în ce privește dezvoltarea la noi a automatizărilor evidențiază progresele deosebit de rapide ale industriei electrotehnice și electronice, ca și ale industriei producătoare de elemente, echipamente și instalații de automatizare, produse ale gândirii și eforturilor susținute, în cadrul unei confruntări dintre necesitate și realitate. Alături de întreprinderea „Automatica” a cărei producție în 1965 atîngea doar a 20-a parte din cea de azi, de-a lungul cincinalelor au apărut noi unități moderne — F.E.A. și „Electrotehnica” București, I.E.P.A.-M-Birlad și I.T.R.D.-Pașcani, I.P.T.E.-Alexandria și I.P.E.P.-Bacău, I.E.I.A.-Cluj-Napoca ș.a., care în colaborare cu Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — I.P.A. și cu 11 filiale ale sale din țară, au realizat produse de automatică și tehnică de calcul de proces, compatibile cu calculatoarele și minicalculatoarele din generația „Felix”, „Independent”, „Coral” și „Ecarom”. Valoarea acestor produse era în 1980 de 90 ori mai mare decît producția anului 1965, urmînd ca pînă în 1990 ele să asigure necesarul intern în proporție de peste 99% (vezi tabelul) precum și un volum crescînd de export.

Asigurarea necesarului de mijloace de automatizare (%).

	Din producția internă	Din import
1965	48,0	52,0
1970	80,0	20,0
1975	87,0	13,0
1980	92,2	7,8
1985	98,5	1,5
1990	99,2	0,8

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

Activitatea de asimilare și de producție a acestor mijloace, parcurgând „generațiile” caracterizate de componentele utilizate, a constituit o activitate originală, românească, care a creat mijloace de automatizare în evoluție rapidă — trecând direct la generația 2 și ajungând în etapa actuală la generația 3,5 — 4 paralel cu acțiunile privind sistematizarea, profilarea, specializarea și tipizarea elementelor, echipamentelor și sistemelor cu aplicații la utilaje și instalații tehnologice din procese continue și secvențiale, lente și rapide, din toate ramurile economiei cît și pentru aplicațiile destinate exporturilor de furnituri complexe.

Aceste rezultate constituie semnul hotărîrii cu care au fost urmărite sarcinile din documentele programatice ale partidului, care vizează un obiectiv major — anume plasarea într-un viitor apropiat a țării noastre, în rîndul țărilor cu dezvoltare economică medie, cerință care presupune legic o creștere susținută a productivității muncii, îndeosebi pe calea creșterii sistematice a nivelului tehnic și calitativ al produselor, valorificării superioare a tuturor resurselor țării. Ori, fără a introduce larg în circuitul tehnologic procese de producție foarte moderne care fac apel la automatizare, atingerea obiectivelor propuse nu este cu putință. Asigurarea unei productivități superioare, la nivelul țărilor dezvoltate, depășirea stadiului de țară în curs de dezvoltare în care se mai află deocamdată România, cere în primul rînd nu intensificarea efortului fizic, ci a muncii de creație, în scopul extinderii mecanizării și automatizării, a robotizării și cibernetizării transferului cît mai rapid al noului în producție, în condițiile reducerii consumurilor energetice, de materii prime și materiale, introducerii intense în concepție și producție a tipizării, miniaturizării și, de ce să nu îndrăznim s-o cerem și să ne angajăm, la microminiaturizare.

Iată de ce „Programul privind creșterea mai accentuată a productivității muncii în perioada 1983—1985 și pînă în 1990”, precum și „Programul privind îmbunătățirea nivelului tehnic și calitativ al produselor, reducerea consumurilor de materii prime, de combustibili și energie, valorificarea superioară a materiilor prime și materialelor în perioada 1983—1985 și pînă în 1990”, elaborate din inițiativa și cu participarea directă a secretarului general al partidului tovarășul Nicolae Ceaușescu, se constituie ca linii directoare pentru activitatea tuturor oamenilor muncii angajați în frontul activității de automatizare, linii ce țintesc în esență progresul întregii țări pe calea permanentei modernizări a tehnologiilor, folosirii pe scară largă a mecanizării și automatizării, introducerii de linii complet automatizate în diverse sectoare industriale, mașinilor-agregat multifuncționale, roboților și multiprocesoarelor.

În efortul de industrializare, este clar că automatizării îi revine unul din cele mai importante roluri, că de progresul său depinde în ultimă instanță progresul tehnic în toate celelalte ramuri ale economiei naționale. În context cu o asemenea viziune, în documentele de partid, făcîndu-se referiri directe la automatizarea și cibernetizarea proceselor de producție în perioada 1981—1985 și în perspectivă pînă în anul 1990, s-a definit această perioadă drept „deceniul științei, tehnicii, calității și eficienței economice”.

În aceste momente de manifestare a inițiativelor democratismului nostru muncitoresc socialist, evocînd Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român, cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1986—1990 și orientările de perspectivă pînă în anul 2000, care prevăd că industria electronică va pătrunde masiv în întreaga activitate economico-socială, fiind orientată spre dezvoltarea cu precădere a producției de componente, mijloace de automatizare, echipamente de electronică industrială și profesională, subliniem indicația programatică a strategiei perfecte de largă și cutezantă perspectivă, continuă în raportul prezentat de tovarășul Nicolae Ceaușescu: „Va trebui să realizăm cu hotărîre programele privind mecanizarea, automatizarea și robotizarea tuturor sectoarelor economice. Pînă în anul 1990 se va încheia în linii generale, reorganizarea intensivă a tuturor sectoarelor. Se va ajunge la un nivel general al producției industriei românești, precum și calității și tehnicii acestei ramuri, comparabil cu cel din țările dezvoltate din punct de vedere economic”.

„Vîrful de lance al electronicii”

Aceste adevăruri capătă un caracter legic, cu atît mai mult cu cît, în general, dezvoltarea social-economică și industrială este de neconceput fără aportul automatizării denumită și „vîrful de lance” al electronicii. Ritmurile de dezvoltare ale producției ramurii automatice și electronicii în general sînt superioare ritmurilor de dezvoltare ale celorlalte ramuri. Domeniile de producție a mijloacelor de automatizare, electronică și tehnică de calcul sînt cele care valorifică în gradul cel mai înalt materialele, metalul, munca și inteligența permițînd realizarea de produse avînd valori foarte mari, cu consumuri de materiale, energie și efort uman minim. În același timp, echipamentele de automatizare, electronică și tehnică de calcul, încorporate în utilajele tehnologice și în roboți, adaugă acestora o valoare însemnată, prin activitatea de programe-software și cibernetizare le sporesc randamentele, le fac mai maleabile în manevrare, sporesc capacitatea de conducere a operatorului uman.

În țara noastră, prin intensificarea lucrărilor de reproiectare și modernizare a produselor din fabricația curentă, îmbunătățirea concepției celor în curs de asimilare și extinderea sortimentului fabricației prin asimilarea unor produse de tehnicitate ridicată, se va ajunge ca ponderea produselor de nivel mondial să crească de la circa 69% în 1985, la 84,6% în 1987 și să se apropie de 95% în 1990.

De asemenea, între 2 și 5% din produse se vor situa peste nivelul atins pe plan mondial. În același timp, în special în sectoarele cu volum mare de muncă, pentru a asigura nivelul de creștere a productivității muncii, ponderea producției realizată în sistem mecanizat și automatizat va atinge în medie 65% în 1985, circa 70% în 1987 și peste 90% în 1990.

În perspectivă pînă în 1990, continuînd procesul de restructurare a ramurilor de prelucrare și valorificare avansată, prin sectoarele de producție de înaltă tehnicitate și mici consumatoare de energie, cum sînt microelectronica, roboții industriali, echipamentele centrale nucleare-electrice, pentru forme noi de energie, pentru aviație, echipamentele cu laser și fibre optice, se vor realiza produse a căror performanță/cost va înregistra o dublare față de 1985 determinîndu-se în același timp grupele din ponderea de 2–5% cu nivel peste cel mondial, realizate prin elaborarea modulelor din sistemul MULTIPROM, simultan cu aplicațiile în modernizarea produselor și tehnologiilor din diferite ramuri industriale.

„Impactul microelectronicii”

Pe plan mondial, în această epocă în care automatizarea și robotizarea, însoțite de miniaturizare și cibernetizare, reprezintă caracteristici ale producției moderne, produsele electronice în general nu sînt afectate de actuala criză mondială. Din contră, cu toate convulsiile din celelalte ramuri, mijloacele de automatizare, tehnica de calcul, industria electronică în ansamblu, sub impactul microelectronicii și al penetrației microprocesoarelor au ritmuri de producție continuu ascendente, implicînd sporuri de productivitate și nivel calitativ pentru celelalte ramuri. Evoluția tinde, sub aspectul subliniat, către informatizarea societății, ceea ce determină în domeniul cercetării-dezvoltării produselor noi, transferul unor activități de programe (software) în domeniul „siliciului”, respectiv incorporarea programelor în microprocesoare chiar la conceperea lor, pentru a face față necesităților foarte mari din domeniul aplicațiilor. De exemplu, S.U.A. care preliminar un ritm anual de introducere a microprocesoarelor de peste 30%, și-a propus prin „Silicizarea” software-ului să determine în 1990 față de 1979, o creștere a vitezei de calcul de 10 000 ori, o

scădere a costului programelor de 40 de ori și a costului memoriei de 400 de ori.

Aceste tendințe demonstrează și confirmă necesitatea accentului ce trebuie pus pe microelectronica și de transfer al tehnologiilor din domeniul acestora în domeniul componentelor discrete pentru electronica de putere, pentru realizarea de sortimente cu performanțe ridicate, în înaltă fiabilitate și eficiență economică, în dezvoltarea ponderii activității și soluțiilor programabile — software pentru familiile noi de echipamente CNC 700 și convertizoare cu tranzistoare și GTO.

Răspunsul cercetării științifice și ingineriei tehnologice la obiectivele concrete

Pentru asigurarea suportului acestor rezultate, cercetarea științifică și ingineria tehnologică din întreprinderi, institute, învățămînt universitar și politehnic va juca un rol de seamă, punînd un accent deosebit pe valorificarea concepției și inteligenței proprii.

Astfel, așa cum de nenumărate ori a subliniat secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, vom trece cu mult curaj printr-o concepție de sistem cibernetic integrat la activitatea de cercetare-proiectare și conducere a proceselor asistată de calculator, ceea ce va facilita într-o proporție de nebănuit reducerea efortului fizic, creșterea productivității muncii, intensificarea culegerii rezultatelor activității de tipizare, reutilizare și refolosire a soluțiilor și chiar standardizarea unor elemente și subansamble, ceea ce va determina un efectiv salt calitativ în domeniul producției materiale.

Un răspuns concret privind obiectivele ce stau în fața cercetării științifice și ingineriei tehnologice, îl constituie acțiunile de introducere a progresului tehnic și tehnicilor celor mai avansate privind :

— Programul de cercetare-proiectare asistată de calculator, în care sînt implicate pentru partea mecanică I.C.T.C.M. — București, și I.C.S.I.T. București, iar pentru partea electrică I.C.P.E., I.T.C.I. și I.P.A. — București, împreună cu unități din industria electrotehnică, electronică, mașin-unelte și construcții de mașini;

— Programul de testare automată asistată de calculator, în care sînt angajate I.P.A., I.T.C.I. și I.C.C.E. împreună cu unități din industria de electronică și automatizări cit și cu facultăți și catedre de automatică din I.P. București, I.P. Cluj-Napoca, Universitatea din Craiova și I.P. Timișoara.

— Programul de robotică, în care sînt implicate unitățile de cercetare științifică și inginerie tehnologică ale I.C.I.Et., unități industriale din construcția de mașini, Institutul Central de Conducere și Informatică-București și catedrele de specialitate din cadrul institutelor politehnice și universităților din țară. Fără îndoială,

toate aceste programe, se subsumează sau au un aport deosebit la realizarea obiectivelor prevăzute în Programul Național de Sisteme Flexibile din coordonarea Comitetului Național pentru Știință și Tehnologie, program ce deschide largi perspective pentru trecerea la introducerea sistemelor CIM (Computer Integrated Manufacturing) în industria noastră.

O nouă viziune a productivității muncii

Experiența din diferite țări evidențiază că penetrarea microprocesoarelor duce la o reducere cu 30 %, până la 60 % a ciclului de asimilare — punere în fabricație, ca prin introducerea roboților se preconizează ca în două schimburi robotul să-și defășoare activitatea nesupraveheat de om, în timp ce prin sistemele flexibile se obține reducerea drastică a ponderii de 70 % ce revine operațiilor de transport, poziționare, măsurare, din timpul total de uzinare.

De cele mai multe ori introducerea automatizării și robotizării nu reprezintă doar o simplă înlocuire a oamenilor sau a unor echipamente și utilaje, ci o reorganizare a fluxului tehnologic, recalificarea personalului, datorită cunoștințelor noi pe care le implică noul sistem. Uneori sînt necesare schimbări în relațiile de aprovizionare cu furnizorii și desfacere cu beneficiarii, ceea ce implică modificări chiar pentru regulamentele de funcționare pentru acțiunile de întreținere și exploatare.

Concluzia ce se desprinde din cele prezentate este că în raport cu cerințele pentru introducerea unui nou sistem, echipament, aparatură de automatizare și roboți se cere o concepție nouă în ce privește relația dintre procedeele noi și productivitatea muncii; însuși cercetătorul sau proiectantul trebuie să aibă o viziune nouă, care necesită chiar pentru el noi cunoștințe, pe de o parte necesare creșterii performanțelor echipamentelor și aparaturii, pe de altă parte adaptării pentru introducerea cît mai rapidă și mai eficientă în producția diferitelor ramuri ale economiei. Am subliniat acest aspect pentru a evidenția necesitatea de a privi lucrurile după o nouă viziune asupra productivității muncii, respectiv conceperea economicoasă, modularizată, tipizată a echipamentelor și sistemelor, dar totodată cu posibilități multiple de a fi extinsă valabilitatea lor, prin programe software aplicabile și la alte domenii. În același timp, se pune problema alinierii soluțiilor elaborate la nivelul celor existente în tehnica actuală, deci compatibilizării lor cu rezultatele existente pe plan internațional pentru: introducerea acestor soluții în circuitul mondial al valorilor, asigurarea participării la diviziunea internațională a muncii și deci deschiderea unor posibilități de export. De exemplu, sistemele de supraveghere prin echipamente de teleprelucrare și teletransmitere de date, destinate supravegherii

cîmpurilor de sonde pentru petrol, se pot extinde la sondele de gaze și, de ce nu, în cadrul sistemelor de irigații, la supravegherea stațiilor de pompare, a utilajelor dispersate în cîmpuri sau teritorii, pentru diferite ramuri industriale sau economico-financiare etc.

Implicații sociale ale tehnicilor de vîrf

Consecințele pătrunderilor tot mai largi a tehnicilor de vîrf în variate domenii de activitate, schimbarea caracterului muncii, modificarea raportului dintre om și mașină, implicațiile tot mai profunde ale noțiunilor de „calitate” și „productivitate”, urmările cu caracter revoluționar asupra specificului activităților din producția materială și din alte domenii constituie probleme de importanță deosebită pentru etapele următoare.

Datorită progreselor ce se realizează în cadrul tehnicilor de vîrf, în relația om-tehnică, respectiv om-mașină în condițiile introducerii automatizării și roboților, sub impactul microelectronicii de proces, au loc mutații și distribuții ale forței de muncă între diferite domenii și ramuri de activitate, mutații în calitatea muncii și a vieții, în inteligența umană și inteligența artificială, cît și în ce privește creșterea productivității muncii și creșterea timpului liber, raportat la timpul de muncă. Toate acestea determină schimbări deosebite, revoluționare în concepția și psihologia omului nou, în situația în care se diminuează diferența dintre munca fizică și cea intelectuală, prin implementarea sistemelor automate de mare productivitate, denumite sisteme flexibile sau sisteme „mecatronice” (roboții imbină în mod fericit caracterul de mașină mecanică și de echipament electronic de automatizare). Cum spun unii autori, se deschid noi capitole de cercetare, cum ar fi de exemplu tehnologia socială și politică. Apar, așadar, firești prompte și pe deplin justificate hotărârile de partid și de stat, ca și legile țării ce prevăd ca la 4—5 ani fiecare om al muncii să-și înnoiască zestrea de cunoștințe pentru a corespunde noii relații „calitate — productivitate”, sub impactul tehnicilor de vîrf.

Desigur, acest permanent dialog cu perspectiva și cu implicațiile sociale ale tehnicilor de vîrf, cu necesitatea că „ai știință, ai progres” impune „o investiție și în oameni”, fapt ilustrat în mod categoric prin strălucita teză a conducătorului partidului și statului nostru potrivit căreia calitatea, productivitatea și toate celelalte cerințe ale dezvoltării economico-sociale nu se pot realiza decît cu oameni cu o înaltă pregătire tehnică, profesională și științifică, cu un înalt nivel de cultură! De asemenea: „O atenție deosebită se va acorda științei, tehnicii și celorlalte sectoare ale cercetării științifice și cunoașterii umane — factor determinant pentru făurirea cu succes a socialismului și comunismului în Ro-

mânia, pentru triumful socialismului și comunismului în întreaga lume. În conformitate cu acestea, vom acorda o atenție deosebită trecerii la dezvoltarea intensivă a activității în toate sectoarele, a automatizării, cibernetizării și robotizării producției, ridicării pe o treaptă nouă, modernă, a întregii noastre activități industriale și din alte domenii”.

Iată de ce în aceste momente de puternic entuziasm, putem afirma cu mândrie legitimă, deplină angajare și recunoștință că dezvoltarea în ritm susținut a industriei electronice și de automatizări reflectă în mod fidel clarviziunea, concepția și ideile creatoare ale tovarășului Nicolae Ceaușescu, promotorul permanent al științei, marele strateg al prezentului și viitorului automatizării în toate domeniile de activitate ale României Socialiste, de a cărui concepție teoretică și practică se leagă cititorirea producției, cercetării și învățămîntului din ramura automatizării românești, vârful de lance al electronicii.

Profund implicați în activitățile ce decurg din dialogul cu aceste directive și sarcini actuale și de perspectivă, beneficiind de orientările cuprinse în ample programe de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducere a progresului tehnic, elaborate sub conducerea și cu aportul direct al tovarășei academician doctor inginer Elena Ceaușescu, savant de largă reputație internațională, președintele Comitetului Național pentru Știință și Tehnologie, oamenii muncii angajați în cercetarea, proiectarea și producția din domeniul automatizării și robotizării concentrînd eforturile lor cu cele ale cadrelor din învățămînt și din fabrici, își vor ancora puternic ideile și rezultatele activității pentru înfăptuirea programelor de creștere a productivității muncii, de îmbunătățire a nivelului tehnic și calitativ al produselor, de asigurare a tehnologiilor specifice pentru lărgirea și valorificarea superioară a bazei de materii minerale și energetice primare, pentru realizarea independenței energetice și creșterii gradului de independență în domeniul materiilor prime, ale noii revoluții în agricultură, pentru a valorifica nepuizabilul izvor de idei ale secretarului general al partidului, care spunea: „Desigur este mai ușor să repeți adevăruri generale în loc să studiezi realitatea, să gîndești, să experimentezi, să găsești soluții corespunzătoare condițiilor concrete în care are loc revoluția și construcția socialistă. Dar numai o politică creatoare poate asigura soluționarea cerințelor dezvoltării sociale”. Transpunerea în faptă a acestor acțiuni specifice automatizării se va realiza prin abordarea mai decisivă a noilor tipuri de echipamente bazate pe microprocesoare. În concret este vorba de sistemul MULTIPROM, tipizat constructiv — hardware cît și software, compatibil cu alte sisteme din tehnica actuală, aplicabil în

toate domeniile noi de conducere cibernetizată a sistemelor de mașini-unelte cu CNC, roboți industriali și sisteme flexibile, procese industriale și centrale nucleare electrice, utilaje tehnologice, folosind procedee tehnologice neconvenționale subintensive energetic de transmitere a comenzilor prin laser și fibre optice ș.a., stabile și tolerante la defect contribuind astfel la realizarea unei productivități a muncii cu 60% mai mare, ceea ce va asigura un spor de venit național de 44 la sută și de comerț exterior de 40 la sută în 1990 față de 1985.

În această etapă istorică fertilă, cînd în anul 1985 personalul din cercetare-dezvoltare-progres tehnic a crescut de 9 ori față de anul 1965, capacitățile de cercetare de 17 ori, iar volumul activității de cercetare exprimat prin cheltuieli de muncă și materiale de peste 14 ori, înnoirea științifică și tehnologică a devenit forță de producție, factor determinant al dezvoltării societății din această epocă de istorie modernă și de renaștere a României.

De-a lungul ultimilor douăzeci de ani, tovarășul Nicolae Ceaușescu a fost arhitectul și strategul dezvoltării armonioase a tuturor ramurilor industriale, a dezvoltării industriale, sociale și spirituale a tuturor regiunilor țării, implementării industriei și forțelor de dezvoltare a progresului tehnic în concordanță cu resursele materiale și umane existente și cu potențialul științific al învățămîntului și cercetării din țara noastră, indicînd cu claritate obiective, priorități, direcții și modalități de acțiune pentru fiecare domeniu, ramură sau disciplină științifică, inclusiv pentru domeniul automatizării.

Angajîndu-ne cu prilejul aniversării a 30 de ani în slujba automatizării, jubileului I.P.A. și al țării noastre, la îmbogățirea tezaurului cunoașterii universale în „deceniul științei, tehnicii, calității și eficienței”, în climatul fertil și mobilizator al democrației noastre socialiste, împreună cu oamenii muncii din fabrică, cu oamenii de știință din învățămînt, toți cei care ne desfășurăm activitatea în cercetarea științifică și tehnologică din domeniul automatizării, robotizării și cibernetizării, profund implicați în înfăptuirea obiectivelor stabilite de Congresul al XIII-lea, beneficiind de orientările cuprinse în ambele programe de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducerea progresului tehnic — elaborate sub conducerea și cu aportul direct al tovarășei academician doctor inginer Elena Ceaușescu, savant de reputație internațională, președintele Comitetului Național pentru Știință și Tehnologie — ne vom spori tot mai mult eforturile în vederea realizării în condiții cît mai eficiente a prevederilor cuprinse în aceste programe, condiție hotărîtoare a progresului multilateral și dinamic al patriei, a făuririi societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintării spre comunism.

CZ. 621.313.47 : 621.316.052

ANALIZĂ
MODELARE

Analiza și modelarea sistemelor multivariabile cu comutație periodică

DUMITRU STANCIU, GABRIELA POREMBSCHI* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Circuitele din electronica de putere, numite și convertoare de putere cuprind în general comutatoare statice realizate cu diode, tiristoare, tranzistoare de putere, tiristoare cu blocare pe poartă etc. și elemente R , L , C , E . În aceste circuite comutatoarele statice se închid și se deschid în mod periodic. În cel mai general caz, într-o perioadă au loc „ p ” comutații. Numim aceste sisteme „SISTEME MULTIVARIABILE CU COMUTAȚIE PERIODICĂ” (includ și sarcina). Un model de schemă bloc a unui sistem multivariabil cu comutație periodică este dat în figura 1.

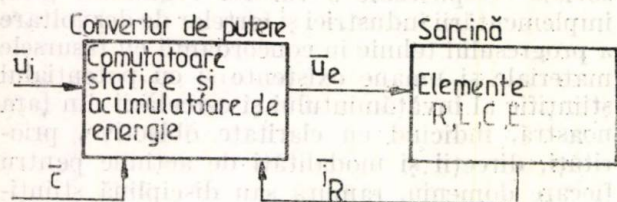


Fig. 1. Schema bloc a unui sistem multivariabil cu comutație periodică.

Convertorul de putere transformă tensiunea de intrare sau setul de intrare $\bar{u}_i$, de o formă dată, într-o altă tensiune sau set de tensiuni de ieșire $\bar{u}_e$, având forme diferite. De obicei, $\bar{u}_i$ este o tensiune continuă, o tensiune alternativă monofazăată sau trifazăată (polifazăată). Vectorul tensiunilor, de ieșire $\bar{u}_e$ este o tensiune continuă de diferite amplitudini, o tensiune alternativă monofazăată sau trifazăată (polifazăată), de amplitudine și frecvență diferite față de mărimile de intrare.

Conversia este asigurată prin comutarea unui set de comutatoare statice, care comută în ordinea dictată de semnalul de comandă $\bar{c}$. Intervalul de conducție poate depinde, de asemenea, de curentul de sarcină $\bar{i}_R$. Bineînțeles că vectorul de ieșire poate fi constituit de curenți și intervalul de conducție limitat de tensiunea pe sarcină.

Această schemă bloc cuprinde circuitele de bază din electronica de putere :

- convertoare continuu-continuu (variatoare de putere de c.c.);
- convertoare alternativ-continuu (redresoare);
- convertoare continuu-alternativ (invertoare);
- convertoare alternativ-alternativ (contactoare statice, cicloconvertoare și convertoare de frecvență).

Analiza sistemelor multivariabile cu comutație periodică din care fac parte și convertoarele de putere este dificilă din următoarele motive :

- complexitatea unora din aceste circuite;
- dificultatea de rezolvare a sistemelor de ecuații diferențiale care descriu aceste sisteme;
- discontinuitatea semnalului de comandă a comutatoarelor statice $\bar{c}$;
- schimbarea stării unui comutator schimbă structura rețelei de analizat. Ținând seama că în cel mai general caz într-o perioadă pot avea loc „ $p + 1$ ” comutații, avem de analizat „ p ” subrețele, fiecare lucrând un interval de timp între două comutații succesive.

2. Metode de analiză și exemple de aplicare

2.1. Transformarea Laplace,

Multe circuite din electronica de putere pot fi analizate ca sisteme liniare aplicind transformarea Laplace. [1]; [4]. Metoda este adesea aplicată circuitelor cu faza reglabilă, unde tensiunea pe sarcină constă din porțiuni de undă sinusoidală. Se utilizează expresia directă a tensiunii de ieșire $u_e(t)$ sau seria Fourier a acesteia, fiecare termen fiind produsul dintre o undă sinusoidală și funcția de comutație, care constă din diferențe de funcții treaptă. Fiecare din acești termeni reprezintă o perioadă, o quasiperioadă sau regimul tranzitoriu al tensiunii. Odată $u_e(t)$ determinat, transformata Laplace se obține utilizând teoremele cunoscute. Având expresia $U_e(s)$ se scrie $I_e(s)$. Utilizând transformarea inversă L^{-1} se obține $i_e(t)$.

Avantajul principal al metodei constă în faptul că expresia lui $I_e(s)$ este compactă și reține exact regimurile tranzitorii, iar dezavantajul este că expresia lui $i_e(t)$ este mult prea complicată pentru circuite relativ simple.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București

Aplicație. Considerăm un redresor bifazat necomandat, alimentând o sarcină L, R de la o sursă sinusoidală, $U_{\sin \omega t}$.

Tensiunea de ieșire $u_e(t)$ se scrie :

$$u_e(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \left[u \left(t - \frac{n\pi}{\omega} \right) - u \left(t - \frac{(n+1)\pi}{\omega} \right) \right] U \sin(\omega t - n\pi),$$

unde $u(t)$ reprezintă funcția treaptă unitate și „ n ” numărul perioadei tensiunii de ieșire.

Sau, trecut în complex :

$$U_e(s) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\omega U}{s^2 + \omega^2} \left[e^{-\frac{n\pi}{\omega} s} + e^{-\frac{(n+1)\pi}{\omega} s} \right]. \quad (1)$$

Presupunind condiții inițiale nule pentru curentul de sarcină ($t=0$; $i_e(t)=0$), putem scrie direct în complex :

$$I_e(s) = \frac{U_e(s)}{R + sL}. \quad (2)$$

Înlocuind în (2) $U_e(s)$ cu relația (1), avem :

$$I_e(s) = \frac{U}{L} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\omega}{\left(s + \frac{R}{L}\right)(s^2 + \omega^2)} \times \\ \times \left(e^{-\frac{n\pi}{\omega} s} + e^{-\frac{(n+1)\pi}{\omega} s} \right).$$

Transformarea inversă a lui $I_e(s)$ este :

$$i_e(t) = \frac{U}{L} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ u \left(t - \frac{n\pi}{\omega} \right) \left[\frac{\omega L^2}{Z^2} e^{-\frac{R}{L} \left(t - \frac{n\pi}{\omega} \right)} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{L}{Z} \sin(\omega t - n\pi - \theta) \right] + \right. \\ \left. + u \left(t - \frac{(n+1)\pi}{\omega} \right) \left[\frac{\omega L^2}{Z^2} e^{-\frac{R}{L} \left(t - \frac{(n+1)\pi}{\omega} \right)} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{L}{Z} \sin(\omega t - n\pi - \theta) \right] \right\} \quad (3)$$

unde :

$$Z^2 = R^2 + \omega^2 L^2 \text{ și } \theta = \arctg \frac{\omega L}{R}.$$

Relația (3), care dă expresia analitică în timp a curentului de sarcină $i_e(t)$ este destul de complicată pentru un circuit foarte simplu.

În lucrarea [1] se aplică tehnica transformării Laplace unui motor asincron alimentat de la rețeaua sinusoidală trifazată, determinându-se funcția de transfer a acestuia considerat ca un sistem liniar.

2.2. Seria Fourier

Dacă sarcina circuitului în comutație poate fi considerată liniară și tensiunea aplicată sarcinii de la un convertor de putere este cunoscută, atunci principiul superpoziției și seria Fourier pot fi utilizate, pentru determinarea curentului de sarcină. Analiza începe prin a găsi seria Fourier a tensiunii de sarcină și circuitul echivalent al sarcinii la fiecare frecvență semnificativă care apare în această serie. Pentru fiecare armonică, curentul este găsit prin rezolvarea circuitului care rezultă la aplicarea unei armonici de tensiune și circuitul echivalent al sarcinii pentru armonica respectivă. Metoda poate fi aplicată circuitelor în care rămâne o doză de incertitudine în expresia tensiunii. De exemplu, dacă unghiul de blocare β al tiristorului nu este cunoscut, β poate să fie lăsat ca variabilă în seria Fourier a tensiunii. Unghiul β este găsit prin rezolvarea ecuației curentului la trecerea prin zero a acestuia.

Aplicație : Considerăm un invertor trifazat comandat cu secvențe de durată $180^\circ E$, avînd ca sarcină un motor asincron, al cărui circuit echivalent pentru frecvența fundamentală este cel din figura 2.

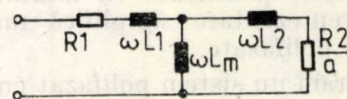


Fig. 2. Circuitul echivalent al motorului asincron pentru frecvența fundamentală.

Forma de undă a tensiunii de sarcină este dreptunghiulară și are numai armonicile impare 1, 5, 7, 11 (armonica 3 și multiplele ei lipsesc dacă motorul este conectat în stea). Circuitul echivalent circuitului din figura 2 pentru armonica „ n ” este dat în figura 3.

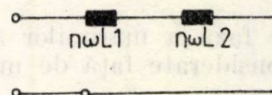


Fig. 3. Circuitul echivalent al motorului asincron pentru armonicile $n = 5, 7, 11 \dots$

Seria Fourier a tensiunii aplicate sarcinii în aceste condiții este :

$$U_s = \sum_{n=1,5,7,11\dots}^{\infty} C_n \cdot \sin \omega t$$

Din figura 2.

$$I_1 = \frac{C_1}{|Z_0|}; \cos \varphi_1 = \frac{\operatorname{Re}(Z_0)}{|Z_0|}$$

unde :

$$Z_0 = R_1 + j\omega L_1 + \frac{(R_2/a + j\omega L_2)j\omega L_m}{R_2/a + j\omega(L_2 + L_m)}$$

Din fig. 3.

$$I_n = \frac{C_n}{n\omega(L_1 + L_2)}; \cos \varphi_n = 0;$$

$$n = 5, 7, 11, 13, \dots$$

De multe ori este suficient să menținem din seria Fourier numai fundamentală, restul armoniilor putând fi neglijate. Aceasta conduce la simplificări mari de calcul și cu rezultate multumitoare.

În lucrarea [4] se analizează și un convertor electronic de frecvență cu circuit intermediar tensiune continuă variabilă, alimentând un motor asincron neglijând armoniile și reținându-se numai fundamentală.

2.3. Vectori Park generalizați

Vectorii Park generalizați permit reprezentarea mărimilor polifazate ca mărimi bifazate. Această reprezentare simplifică mult analiza sistemelor polifazate.

Considerăm un sistem polifazat cu „m” faze.

Fie vectorul :

$$f(t) = k \sum_{i=1}^m a^{i-1} f_i(t) \quad (4)$$

unde : k — constanta care se va determina ulterior

$$a = e^{j2\pi/m}$$

$f_1(t); f_2(t); f_3(t); \dots f_m(t)$ — valorile in-

stantanee pe fază a mărimilor sistemului cu „m” faze, considerate față de noul sursei de alimentare.

Notăm cu $f_{10}(t); f_{20}(t); \dots f_{m0}(t)$ valorile instantanee pe faze ale mărimilor sistemului cu „m” faze, considerate față de noul propriu și $f_0(t)$ valoarea instantanee a semnalului dintre noul sistemului cu „m” faze și noul sursei de alimentare.

Putem scrie :

$$f_{i0}(t) = f_1(t) - f_0(t) \text{ pentru } i = 1, 2, 3, m, \dots$$

Ținând cont că :

$$\sum_{i=1}^m f_{i0}(t) = 0$$

Rezultă :

$$f_0(t) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m f_i(t). \quad (5)$$

Funcțiile $f_i(t)$, unde $i = 1, 2, 3, \dots, m$ se determină cu relația :

$$f_i(t) = \operatorname{Re} \{ a^{m-i+1} f(t) \} + f_0(t) \quad (6)$$

Considerăm :

$$f(t) = f_x(t) + j f_y(t) \quad (7)$$

Relația (6) devine :

$$f_i(t) = f_x(t) \cos \left[(i-1) \frac{2\pi}{m} \right] + f_y(t) \sin \left[(i-1) \frac{2\pi}{m} \right] + f_0(t) \quad (8)$$

pentru $i = 1, 2, \dots, m$.

Înlocuind (7) și (8) în (4) și ținând cont că :

$$\sum_{i=1}^m e^{j(i-1) \frac{2\pi}{m}} \cos \left((i-1) \frac{2\pi}{m} \right) = \frac{m}{2};$$

$$\sum_{i=1}^m e^{j(i-1) \frac{2\pi}{m}} \sin \left((i-1) \frac{2\pi}{m} \right) =$$

$$= j \frac{m}{2} \text{ și } \sum_{i=1}^m e^{j(i-1) \frac{2\pi}{m}} = 0$$

obținem $k = 2/m$.

Înlocuind $k = 2/m$ în relația (4) obținem vectorul Park generalizat al unui sistem cu „m” faze :

$$f(t) = \frac{2}{m} \sum_{i=1}^m a_i^{-1} f_i(t) \quad (9)$$

Relațiile Park inverse sînt date de relația (6), iar secvența de zero $f_0(t)$ de relația (5).

Un caz particular des întîlnit în literatură este cel al sistemului trifazat, care se obține făcînd $m = 3$ (în relațiile (9), (5) și (6)). Se obține :

$$f(t) = \frac{2}{3} [f_1(t) + a f_2(t) + a^2 f_3(t)] \text{ unde } a = e^{j \frac{2\pi}{3}} \quad (10)$$

$$f_0(t) = \frac{1}{3} [f_1(t) + f_2(t) + f_3(t)] \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{și } f_1(t) &= R_e[f(t)] + f_0(t); f_2(t) = \\ &= R_e[a^2 f(t)] + f_0(t); \\ f_3(t) &= R_e[af(t)] + f_0(t). \end{aligned} \quad (12)$$

În absența secvenței de zero ($f_0(t) = 0$), vectorii Park reduc sistemul la un sistem bifazat cu variabile complexe.

Unul din avantajele vectorilor Park este că simetria trifazată care apare în multe convertitoare de putere trifazate conduce la o simetrie hexagonală utilizând reprezentarea cu vectorii Park și analiza unei perioade se face prin investigarea unei șesimi a ei, așa cum se va vedea și în exemplul care urmează.

Aplicație la un invertor trifazat comandat cu secvențe de durată 180° E cu sarcina trifazată R, L , a cărui schemă electrică de principiu este dată în figura 4, [5], [6], [10].

Vectorul Park al tensiunii unei sarcini trifazate R, L este :

$$\bar{u}(t) = \frac{2}{3} [U_A(t) + aU_B(t) + a^2U_C(t)] \quad (13)$$

unde : U_A, U_B, U_C sînt tensiunile pe fază, față de punctul median al sursei de alimentare (ele

au valoarea $\pm U/2$) și $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$.

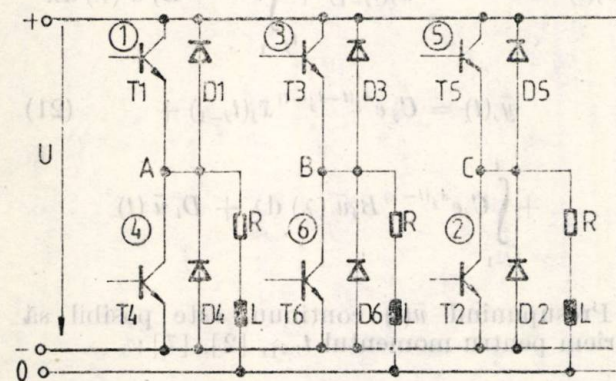


Fig. 4. Schema electrică de principiu a invertorului trifazat.

Tensiunea între punctul median al sursei și nului sarcinii este :

$$U_0 = \frac{1}{3} [U_A + U_B + U_C] \quad (14)$$

De asemenea, tensiunile pe fază, față de nului sarcinii :

$$\begin{aligned} U_{A0} &= U_A - U_0; U_{B0} = U_B - U_0 \text{ și.} \\ U_{C0} &= U_C - U_0 \end{aligned} \quad (15)$$

Utilizînd relația (13) putem scrie 6 vectori de tensiune (vectori de comutație) corespunzători celor 6 intervale de $\pi/3$ dintr-o perioadă.

Pentru intervalul : $\left[0; \frac{\pi}{3}\right]$ avem : $U_A = U_C = U/2$; $U_B = -U/2$.

Deci, vectorul $\bar{u}(t)$ corespunzător acestui interval este :

$$\bar{u}_1(t) = \frac{u}{3} (1 - j\sqrt{3}) = \frac{2U}{3} e^{-j\frac{\pi}{3}}.$$

Calculînd asemănător și pentru restul intervalelor, obținem vectorii de tensiune $\bar{u}_1 \dots \bar{u}_6$ care au același modul $2U/3$, iar faza se schimbă la fiecare $\pi/3$.

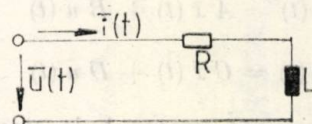


Fig. 5. Circuitul monofazat echivalent în cazul utilizării vectorilor Park.

Ca urmare, putem considera invertorul trifazat cu sarcina simetrică R, L , ca o sarcină monofazată R, L careia i se aplică vectorul de tensiune $\bar{u}(t)$ (fig. 5).

Cu notațiile din figura 5, putem scrie :

$$\bar{i}(t) = J_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{\bar{u}(t)}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (16)$$

unde :

I_0 este valoarea inițială a lui $i(t)$ la momentul $t = 0$

$\tau = L/R$ (constanta de timp a sarcinii);

Curentul este periodic cu frecvența $6f$, unde f este frecvența pe care funcționează invertorul (după $\pi/3$ el se repetă). Deci, la $t = \pi/3\omega$, $i(t) = I_0 e^{j\pi/3}$.

Înlocuind în relația (16) se obține I_0 :

$$I_0 = \frac{\bar{u}(t)}{R} \cdot \frac{1 - e^{-\pi/3\omega\tau}}{e^{j\pi/3} - e^{-\pi/3\omega\tau}}; \text{ sau } J_0 = \frac{\bar{u}(t)}{R} \cdot \bar{\lambda} \quad (17)$$

Se constată că locul lui $\bar{\lambda}$ este un arc de cerc a cărui rază este $1/\sqrt{3}$.

Pentru sarcina pur rezistivă ($\omega\tau = 0$) defazajul între $\bar{\lambda}$ și $\bar{u}$ este de $\pi/3$.

Pentru sarcină pur inductivă ($\omega\tau \rightarrow \infty$) defazajul este de $2\pi/3$.

Pentru sarcina R, L defazajul între $\bar{u}$ și $\bar{\lambda}$ variază între $\pi/3$ și $2\pi/3$.

Locul lui $\bar{i}(t)$ dat la relația (16) este o dreaptă pentru un interval de $\pi/3$.

Pentru cei 6 vectori de comutație (vectori de tensiune corespunzători celor 6 intervale) construim I_0 , care vor fi 6 vectori defazați între ei cu $60^\circ E$ de același modul.

Linia dreaptă care unește extremitățile a doi vectori I_0 consecutivi este valoarea instanțelor a lui $\bar{i}(t)$ pentru intervalul respectiv. Curentul $\bar{i}(t)$ descrie laturile unui hexagon regulat.

2.4. Analiza sistemelor multivariabile cu comutație periodică utilizând variabile de stare

Analiza circuitelor liniare cu variabile de stare constă în esență în scrierea ecuațiilor rețelei sub forma unui sistem de ecuații diferențiale de ordinul 1 astfel :

$$\begin{aligned}\dot{\bar{x}}(t) &= A \bar{x}(t) + B \bar{u}(t) \\ \bar{y}(t) &= C \bar{x}(t) + D \bar{u}(t)\end{aligned}\quad (18)$$

unde $\bar{x}(t)$ reprezintă vectorul de stare; $\bar{u}(t)$ — vectorul de intrare și $\bar{y}(t)$ — vectorul de ieșire. A, B, C, D sînt matrici derivate din ecuațiile rețelei. A este pătrată, iar B, C, D pot fi dreptunghiulare.

Două probleme principale sînt asociate pentru analiza rețelelor :

- formularea sistemului de ecuații diferențiale;
- rezolvarea acestui sistem.

Avantajul metodei constă în faptul că sistemul de ecuații diferențiale este de ordinul 1 și se poate rezolva, soluțiile pentru variabilele de stare $\bar{x}(t)$ și mărimile de ieșire $\bar{y}(t)$ se obțin direct în domeniul timp, iar scrierea matricială a sistemului permite o programare ușoară pe calculator.

Soluția sistemului de ecuații diferențiale (18) în cazul sistemelor liniare și invariante în timp este :

$$\begin{aligned}\bar{x}(t) &= e^{A(t-t_0)} \bar{x}(t_0) + \int_{t_0}^t e^{A(t-\lambda)} B \cdot \bar{u}(\lambda) d\lambda \\ \bar{y}(t) &= C e^{A(t-t_0)} \bar{x}(t_0) + \int_{t_0}^t C e^{A(t-\lambda)} B \cdot \bar{u}(\lambda) d\lambda + D \bar{u}(t)\end{aligned}\quad (19)$$

unde: funcția matricială $e^{A(t-t_0)}$ se numește matrice de tranziție: t_0 — momentul de timp inițial.

Primul membru al relației (19) este soluția sistemului de ecuații matriciale (18) omogen și reprezintă regimul tranzitoriu, iar membrul al doilea este soluția sistemului de ecuații ma-

triciale cu partea a doua și reprezintă regimul staționar.

Considerăm o rețea de comutatoare statice (diode, tiristoare, tranzistoare de putere, tiristoare cu blocare pe poartă) și acumulatori de energie, în care comutatoarele sînt considerate ideale (în conducție se prezintă ca un scurt-circuit, iar la blocare ca un circuit deschis). În timpul lucrului, rețeaua se poate divide în mai multe subrețele, fiecare din ele lucrînd un interval de timp între două comutații succesive.

Dacă definim T_j ($j = 1, 2, 3, \dots, p$) intervalul de timp dintre t_{j-1} și t_j , două comutații succesive, figura 6 cu notațiile cunoscute putem scrie sistemul de ecuații de stare pentru subrețeaua

$$j [t_{j-1} < t \leq t_j];$$

$$\begin{aligned}\dot{\bar{x}}_j(t) &= A_j \bar{x}_j(t) + B_j \bar{u}(t) \\ \bar{y}_j(t) &= C_j \bar{x}_j(t) + D_j \bar{u}(t).\end{aligned}\quad (20)$$

Dacă presupunem în continuare că subrețelele studiate sînt formate numai din generatoare și elemente pasive R, L, C liniare și invariante în timp, atunci matricile A_j, B_j, C_j și D_j sînt reale și constante.

Pentru subrețeaua $j t_{j-1} < t \leq t_j$ soluțiile sistemului de ecuații (20) se pot scrie :

$$\begin{aligned}\bar{x}_j(t) &= e^{A_j(t-t_{j-1})} \bar{x}_j(t_{j-1}) + \int_{t_{j-1}}^t e^{A_j(t-\lambda)} B_j \bar{u}(\lambda) d\lambda \\ \bar{y}_j(t) &= C_j e^{A_j(t-t_{j-1})} \bar{x}_j(t_{j-1}) + \\ &+ \int_{t_{j-1}}^t C_j e^{A_j(t-\lambda)} B_j \bar{u}(\lambda) d\lambda + D_j \bar{u}(t)\end{aligned}\quad (21)$$

Presupunînd $\bar{u}(t)$ continuu, este posibil să scriem pentru momentul t_{j-1} , [2], [7] :

$$\bar{x}_j(t_j - 1) = E_{j-1} \bar{x}_{j-1}(t_{j-1}) + F_{j-1} \bar{u}(t_j - 1) \quad (22)$$

unde E_{j-1} și F_{j-1} sînt de asemenea matrici reale, constante.

E și F rezultă din inspecția rețelei la momentul comutației. Cînd variabilele de stare $\bar{x}(t)$ sînt tensiuni pe capacități (sau curenți prin inductanțe), discontinuitățile lui $\bar{x}(t)$ pot să se producă dacă în rețea apar bucle de capacități (sau tăieturi de inductanțe). În acest caz, matricile E și F se deduc din ecuațiile algebrice scrise pe rețeaua rezultată în momentul comutației. În particular, dacă discontinuitățile variabilelor de stare nu depind de $\bar{u}(t)$, rezultă

$F = 0$. În circuitele obișnuite variabilele de stare $\bar{x}(t)$ sînt continue, așa că: $F = 0$ și $E = I$ (matricea unitate).

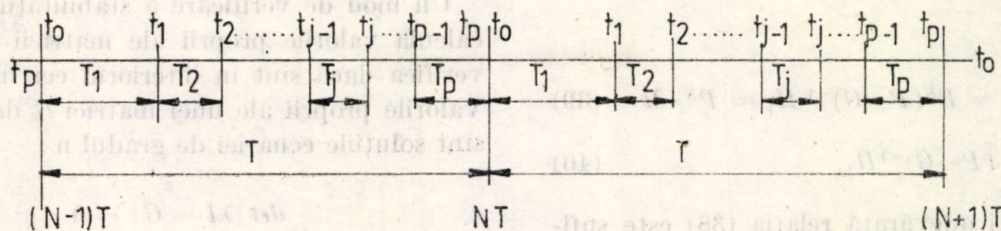


Fig. 6. Momente de comutare ale comutatoarelor statice.

Scriind ecuațiile (21), (22) pentru $j = 1, 2, 3 \dots i$, cu $t_0 = 0$ obținem pentru $\bar{x}_i(t)$ expresia:

$$\bar{x}_i(t) = g_i(t) \bar{x}(0) + h_i(t) \quad (23)$$

unde:

$$g_i(t) = e^{A_i(t-t_{i-1})} \varphi_{i-1} \varphi_{i-2} \dots \varphi_1, \quad (24)$$

$$\varphi_i = E_i e^{A_i T_i} \quad (25)$$

$$h_i(t) = \Phi_i(t) + e^{A_i(t-t_{i-1})} (\gamma_{i-1} + \varphi_{i-1}(\gamma_{i-2} + \dots + \varphi_{i-2}(\gamma_{i-3} \dots \varphi_2(\gamma_1)) \dots)) \quad (26)$$

$$\Phi_i(t) = \int_{t_{i-1}}^t e^{A_i(t-\lambda)} B_i \bar{u}(\lambda) d\lambda \quad (27)$$

$$\gamma_i = E_i \Phi_i(t_i) + F_i \bar{u}(t_i). \quad (28)$$

În ecuația (23) primul termen este zero cînd starea inițială $\bar{x}(0)$ este zero, iar $h_i(t)$ este zero cînd vectorul de intrare $\bar{u}(t)$ este zero.

Soluția analitică a lui $x_i(t)$, expresia (23) este ușor de programat pe calculator. Primul termen necesită în general numai operații cu matrici, iar termenul al doilea necesită o integrare digitală.

În regim periodic cu perioada $T = \sum_{j=1}^p T_j$, la momentul T , relația (23) devine:

$$\bar{x}(T) = g_{1,p} \bar{x}(0) + h_{1,p}. \quad (29)$$

În general, pentru momentul NT putem scrie:

$$\bar{x}(NT) = g_{(N-1)p+1,Np} \bar{x}[(N-1)T] + h_{(N-1)p+1,Np} \quad (30)$$

cu:

$$g_{(N-1)p+1,Np} = \varphi_{Np} \cdot \varphi_{Np-1} \dots \varphi_{(N-1)p+1} \quad (31)$$

$$h_{(N-1)p+1,Np} = \gamma_{Np} + \varphi_{Np}(\gamma_{Np-1} + \varphi_{Np-1}(\gamma_{Np-2} + \dots + \varphi_{(N-1)p+2}(\gamma_{(N-1)p+1})) \dots). \quad (32)$$

Cînd se scriu relațiile (24), (25), (26) pentru regimul periodic se scrie vectorul de stare în intervalul $[(N-1)T, NT]$ și se ține cont că în momentul NT mai are loc o comutare, care transformă $\Phi_i(t)$ în γ_i .

Pentru $N = 1$ relațiile (31) și (32) devin egale cu (24), respectiv (26).

Mai mult $g_{(N-1)p+1,Np}$ reprezintă regimul tranzitoriu și nu depinde de perioada (N) , iar $h_{(N-1)p+1,Np}$ reprezintă regimul staționar și el depinde de N . În continuare, vom nota:

$$g_{(N-1)p+1,Np} = G \text{ și } h_{(N-1)p+1,Np} = H_N$$

Cu aceste notații, relația (30) se scrie:

$$\bar{x}(NT) = G \bar{x}[(N-1)T] + H_N \quad (33)$$

Scriind relația (33) la momentele $T, 2T, \dots, (N-1)T$, după cîteva rearanjări obținem:

$$\bar{x}(NT) = G^N \bar{x}(0) + \sum_{r=1}^N G^{N-r} H_r \quad (34)$$

Primul termen al relației (34) reprezintă soluția pentru regimul tranzitoriu, iar cel de-al doilea reprezintă soluția pentru regimul staționar.

Ținînd cont de condiția de periodicitate în regim staționar, putem scrie: $H_r = P \cdot H_{r-1}$; (35) unde P este matricea de periodicitate, care în cel mai simplu caz este matricea unitate, dar ea poate reprezenta o schimbare de semn, o rotație etc.

Relația (35) se mai poate scrie:

$$H_r = P^{r-1} \cdot H_1. \quad (36)$$

Înlocuind (36) în (34), obținem:

$$\bar{x}(NT) = G^N \bar{x}(0) + (P^N - G^N)(P - G)^{-1} H_1$$

sau:

$$\bar{x}(NT) = G^N [\bar{x}(0) - (P - G)^{-1} H_1] + P^N (P - G)^{-1} H_1 \quad (37)$$

Pentru un sistem stabil, în regim staționar :

$$\lim_{N \rightarrow \infty} G^N = 0 \quad (38)$$

Deci :

$$\bar{x}(NT) = P^N(P-G)^{-1}H_1 = P^N \cdot M \quad (39)$$

$$\text{unde : } M = (P-G)^{-1}H_1. \quad (40)$$

Pentru a fi adevărată relația (38) este suficient să existe energie disipată în sistem în timpul unei perioade.

Deci, în relația (37) vectorul de stare apare ca suma între porțiunea de regim tranzitoriu și porțiunea de regim staționar. Porțiunea de regim tranzitoriu este nulă, dacă :

$$\bar{x}(0) = (P-G)^{-1} \cdot H_1 \quad (41)$$

Relația (41) determină condițiile inițiale ale vectorului de stare. Ea este generalizarea relației pentru regimul staționar al sistemelor cu două stări dată în lucrările [8], [9] pentru $E1 = I$ și $F1 = 0$.

Folosind relația (41), relația (39) devine :

$$\bar{x}(NT) = p^N \bar{x}(0). \quad (42)$$

Relația (42) confirmă periodicitatea soluției în regim staționar presupusă prin relația (35).

Pentru orice t_i în perioada N (de exemplu pentru $t_i = t_i + NT$), avem :

$$\bar{x}(NT + t_i) = P^N(P - G_i)^{-1} H_i, 1 \quad (43)$$

unde expresiile pentru G_i și $H_{i,1}$ sînt :

$$G_i = \varphi_{p+i} \cdot \varphi_{p+i-1} \varphi_{p+i-2} \dots \varphi_{i+2} \cdot \varphi_{i+1} \quad (44)$$

$$H_{i,1} = \gamma_{p+1} + \varphi_{p+1}(\gamma_{p+i-1} + \dots + \varphi_{p+1-1}(\gamma_{p+i-2} + \dots \varphi_{i+2}(\gamma_{i+1})) \dots), \quad (45)$$

Ele se deduc în mod analog cu relațiile (31), (32) de la momentul de start t_i . Pentru $i = 0$, obținem din nou relațiile (31), (32), unde G_0 și $H_{0,1}$ sînt indicate cu G și H_1 .

Studiul stabilității sistemului, în acest moment este o problemă relativ simplă.

Relația (33) pentru regimul tranzitoriu, devine :

$$\bar{x}(NT) = G \bar{x}[(N-1)T]. \quad (46)$$

Această relație este similară cu soluția ecuației de stare a unui sistem liniar cu eșantionare generalizat.

Un mod de verificare a stabilității este de a calcula valorile proprii ale matricii G și de a verifica dacă sînt în interiorul cercului unitar. Valorile proprii ale unei matricii G de rangul n sînt soluțiile ecuației de gradul n :

$$\det |\lambda I - G| = 0$$

Aplicații

a. Variator de putere de c.c.

Considerăm variatorul de putere de c.c. cu tiristoare dat în figura 7 cu sarcina R, L funcționînd cu frecvența constantă și modulare în durată.

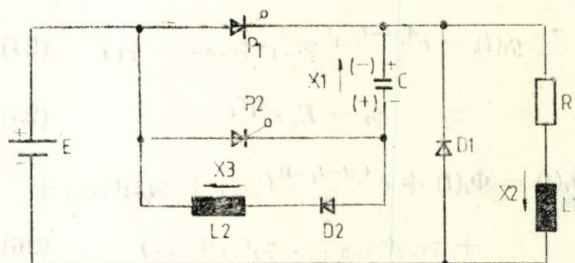


Fig. 7. Schema variatorului de putere de c.c.

În timpul unei perioade, variatorului îi corespund patru subrețele, fiecare din ele existînd un interval de timp între două comutații succesive.

Aceste intervale T_j ($j = 1, 2, 3, 4$) sînt determinate prin comanda la deschidere a tiristoarelor $P1$ și $P2$ și prin evoluția variabilelor de stare în cadrul subrețelelor, avînd ca moment inițial t_0 momentul comenzii la deschidere a tiristorului $P1$. Se iau variabilele de stare x_1, x_2, x_3 conform figurii 7 și vectorul de intrare $\bar{u}(t) = E$. Pentru intervalele T_j rezultă matricile pătrate de ordinul trei, A_j și matricile coloană de ordinul trei B_j , în care elementele a_{ik}^j diferite de zero sînt :

$$a_{13}^1 = -\frac{1}{C}; \quad a_{22}^1 = a_{22}^2 = a_{22}^3 = a_{22}^4 = -R/L_1;$$

$$a_{31}^1 = 1/L_2; \quad a_{12}^3 = 1/C; \quad a_{21}^3 = -1/L_1;$$

respectiv, elementele b_{ik}^j diferite de zero sînt :

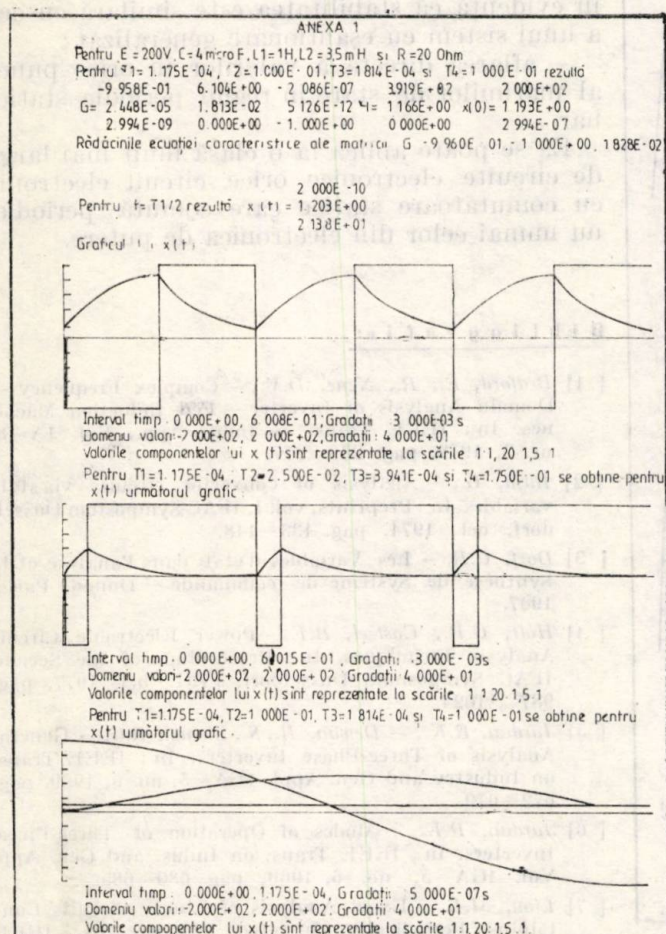
$$b_{21}^1 = b_{21}^2 = b_{21}^3 = 1/L_1$$

La comutație nu apar bucle de capacitați sau tăieturi de inductanțe, iar tensiunea de intrare nu se modifică.

Deci : $E_{j-1} = 1$; $F_{j-1} = 0$ pentru $j = 1, 2, 3$,

4. Matricea de periodicitate $P = I$.

ANEXA 1



Utilizînd un calculator numeric programat conform cu metoda prezentată în capitolul 2.4. se obțin rezultatele date în Anexa 1. După cum rezultă din aceasta se pot calcula valorile variabilelor de stare într-un punct de comutație, într-un punct intermediar între două comutații

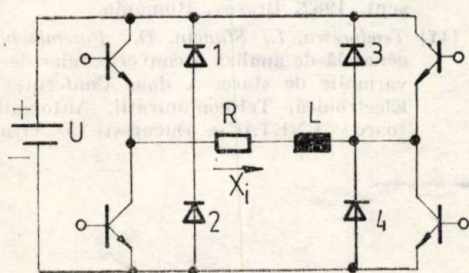


Fig. 8. Invertor monofaza în punte.

succesive și se pot trasa graficele variabilelor de stare pe mai multe perioade sau pe un interval între două comutații succesive. Valorile și graficele corespund cu cele teoretice și experimentale. De asemenea, rezultă că se poate verifica în mod simplu stabilitatea sistemului, calculîndu-se rădăcinile ecuației caracteristice.

b. Invertor monofazat în punte

Considerăm invertorul monofazat în punte dat în figura 8 cu sarcina R, L care funcționează cu modulație sinusoidală în durată, timpii de comutație fiind determinați de intersecția dintre unda sinusoidală $\cos \omega_0 t$ și o undă triunghiulară simetrică, așa cum se vede în figura 9.

Comutatoarele 1 și 4, respectiv 2 și 3 se comandă simultan. Momentele de comutație t_i sînt soluția ecuației :

$$\alpha + \cos \omega_0 t_i = (-1)^{i+1} \cdot 4 \left[\frac{t_i}{t_0} - \text{Intr} \cdot \left(\frac{i}{2} \right) \right] \alpha.$$

unde : $\text{Intr. } (i/2)$ este partea întreagă a lui $i/2$.

Variabila de stare în acest caz este curentul prin inductanța x_i . Considerăm că la momentul t_i conduc comutatoarele 1 și 4; ecuația de stare în acest caz este :

$$\dot{x}_i = -\frac{R}{L} x_i + \frac{1}{L} U.$$

La momentul t_{i+1} conduc comutatoarele 2 și 3.

$$\dot{x}_{i+1} = -\frac{R}{L} x_{i+1} - \frac{1}{L} U$$

Pe durata perioadei T intervin doar două tipuri de rețele, corespunzătoare celor două ecuații de stare.

Simulînd aceste relații pe un calculator numeric, se obțin rezultatele date în Anexa 2.

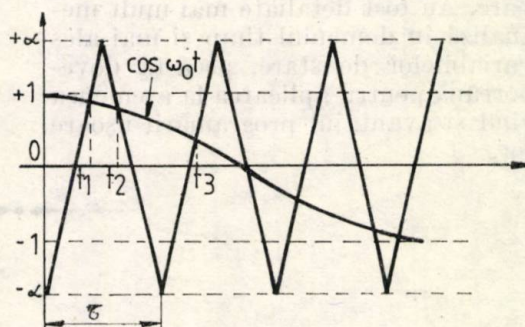
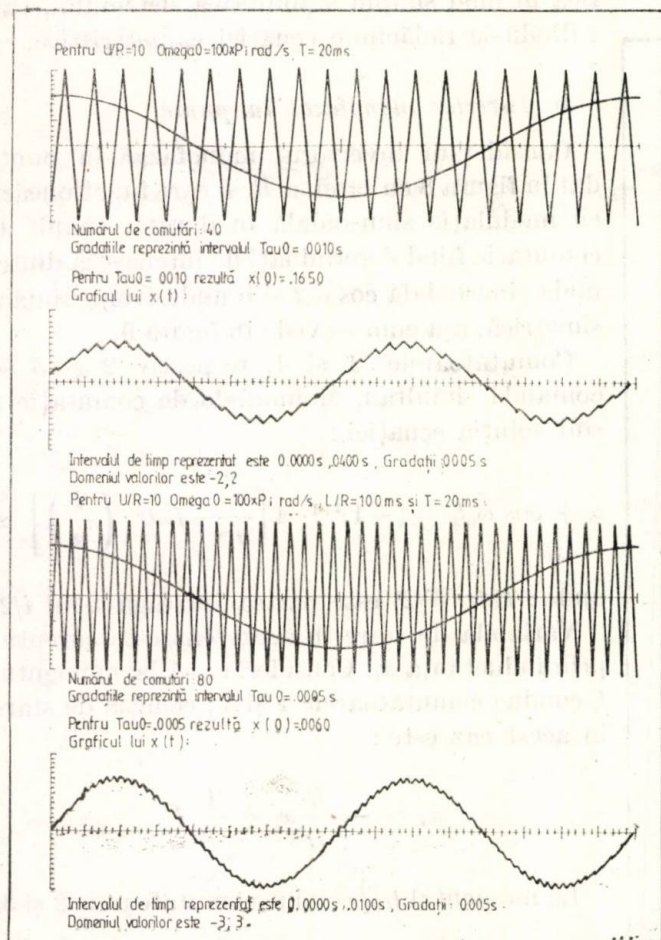


Fig. 9. Determinarea timpilor de comutație.

S-a trasat graficul variabilei de stare (curentul prin sarcină) pe o perioadă pentru diferite frecvențe ale unde triunghiulare. S-a calculat valoarea curentului în punctul $t = 0$ pentru regimul staționar.

ANEXA 2



3. Concluzii

În prezenta lucrare s-a încercat realizarea unui studiu al metodelor de analiză a sistemelor multivariabile cu comutație periodică. S-a încercat o prezentare sistematică și unitară a metodelor de analiză atât în domeniul frecvență (Laplace, Fourier), cât și în domeniul timp (vectori Park, variabile de stare), însoțite de exemple de aplicare. Au fost detaliate mai mult metodele de analiză în domeniul timp și mai ales aplicarea variabilelor de stare, aceasta dovădindu-se oportună pentru aplicarea la asemenea circuite, având și avantajul programării ușoare pe calculator.

Metoda generală de analiză cu variabile de stare permite:

— trasarea graficului variabilelor de stare, sau a combinațiilor liniare ale acestora atât în regim tranzitoriu, cât și în regim periodic staționar;

— studiul stabilității sistemului, punându-se în evidență că stabilitatea este similară cu cea a unui sistem cu eșantionare generalizat;

— aflarea directă a valorilor în orice punct al mărimilor de stare în regim periodic staționar.

Ea se poate aplica la o clasă mult mai largă de circuite electronice orice circuit electronic cu comutatoare statice care comută periodic, nu numai celor din electronica de putere.

Bibliografie:

- [1] Bedford, E., R., Nene, D.V., — Complex Frequency — Domain Analysis of Inverter — Fed Induction Machines. In: IEEE Trans. on Indus. App., Vol. 1A—8, nr. 3, 1972, pag. 269—277.
- [2] Buja, G., — Analysis of convertor circuits via state variables. In: Preprints, vol. 1, IFAC Symposium Dusseldorf, oct. 1974, pag. 133—148.
- [3] Dorf, C.R. — Les Variables d'état dans l'analyse et la Synthèse de Système de commande — Dunod, Paris, 1967.
- [4] Hoff, G.R., Casteel, B.I. — Power Electronic Circuit Analysis Techniques. In: Proceedings of the Second IFAC Symposium, Dusseldorf, FRG, oct. 1977, pag. 987...1024.
- [5] Jordan, R.K., — Dewan, B., S., Slemon R.G. — General Analysis of Three-Phase Inverters. In: IEEE Trans. on Industry and Gen. Appl. 1GA—5, no. 6, 1969, pag. 672—679.
- [6] Jordan, R.K. — Modes of Operation of Three-Phase Inverters. In: IEEE Trans. on Indus. and Gen. App. Vol. 1GA—5, no. 6, 1969, pag. 680—685.
- [7] Liou, M.L. — Exact Analysis of Linear Circuits Containing Periodically Operated Switches, in: IEEE Trans., Circuit Theory, Vol. CT—19, 1972, pag. 146—154.
- [8] Raetz, I., Borka S., Lupan K., Miklos, D. — Periodic Dynamic Behaviour of Piecewise Linear Multi-Parameter Systems. In: Periodica Polytechnica (R.P.U.) 1969 pag. 205—219.
- [9] Raetz, I. — Matrizenberechnung über Thyristoren gespeister elektrischen Maschinen. In: Elektrische, Heft 1 1970, pag. 386—388.
- [10] Stanciu, D., Farkas, I. — Convertizor static de frecvență cu chopper în circuitul intermediar de tensiune continuă; a VI-a Conferință tehnico-științifică INTERELECTRO, sept. 1982, Brașov, România.
- [11] Teodorescu, I., Stanciu, D., Porembski, A. — Metoda generală de analiză a convertoarelor de putere utilizând variabile de stare. A doua Conferință Națională de Electronică, Telecomunicații, Automatică și Calculatoare — CNETAC — București 15—17 noiembrie, 1984.

Tendințe actuale în realizarea echipamentelor de comandă numerică pentru mașini—unelte—FAMILIA NUMEROM 700

ING. MARCEL SÎRBU*, ING. ION TUTUNARU*, ING.
ION FELEA*, ING. ȘTEFAN* FRÜSTÖK*, ING. CĂLIN
POPESCU*, ING. BARBU IANCU*, ING. ION URSUȚ*,
ING. ALEXANDRA LIȚĂ* ING. GRIGORE NELEPCU**
BUCUREȘTI

Introducere

Deceniile următoare vor fi marcate în domeniul construcțiilor de mașini de perspectiva integrării fabricației pe calculator (CIM) avînd ca rezultat final realizarea fabricației fără oameni și „fără hirtie”. Aceste obiective vor implica regîndirea completă atît a produselor cît și a tehnologiilor actuale.

Trecerea va fi probabil treptată, o primă etapă constituind realizarea celulelor și sistemelor flexibile de fabricație în cadrul tehnologiilor actuale.

Realizarea sistemelor flexibile de fabricație implică compatibilitatea în primul rînd a mijloacelor de automatizare de la primul nivel — nivelul conducerii utilajelor și proceselor :

- echipamente de comandă numerică a mașinilor-unelte;
- echipamente de comandă a roboților industriali;
- automate programabile.

Cerințe pentru echipamente de comandă numerică

Domeniul echipamentelor și sistemelor de comandă numerică destinate mașinilor-unelte, roboților industriali și liniilor de fabricație s-a caracterizat în permanență printr-o mobilitate deosebită determinată în principal de :

- evoluția rapidă a tehnologiilor în construcții de mașini și cerințe speciale impuse de acestea, inclusiv integrarea în sisteme flexibile de fabricație;
- evoluția componentelor și a arhitecturilor echipamentelor.

Procesele tehnologice din construcții de mașini (așchiere, presare, tehnologii neconvenționale, sudura, asamblare ș.a.) se realizează cu utilaje (mașini-unelte, roboți tehnologici) carac-

terizabile din punct de vedere al conducerii ca procese rapide, cu o complexitate ridicată. În aceste condiții echipamentele și sistemele de comandă numerică trebuie să asigure :

- închiderea buclelor de poziție simultan pe un număr ridicat de axe în condiții de performanțe deosebite :

- * rezoluție : 0,01—0,0001 mm ;
- * viteze : pînă la 60 m/min,
- * perioada de eșantionare : 1—16 ms,
- * traductoare de deplasare : analogice, incrementale,

— generarea de traiectorii (liniare, circulare, elicoidale ș.a.) în plan sau spațiu prin calcularea vitezelor pe 2—6 axe legate geometric prin relații liniare sau neliniare și, în anumite situații legate și dinamic ;

- * viteze pe traiectorie — pînă la 24 m/min,
- * precizie pe traiectorie — 0,001 mm,

— control secvențial al unui număr ridicat (pînă la 2048) de intrări/ieșiri logice și/sau numerice — 1—4 ms/1K program ;

— editarea și memorarea unui număr mare de programe de utilizare (programe piesa, programe robot, programe aplicație, automat programabil) utilizînd limbaje specializate, tehnici *MENU*. Facilități *CAD* locale și simulare automată pe display grafic color ;

— posibilități de integrare în sisteme de fabricație flexibilă supravagheate prin calculator (sisteme DNC, rețele locale LAN) ;

— disponibilitate ridicată în condiții de exploatare neîntreruptă în medii industriale dificile (pulberi metalice, vapori ulei, vibrații în funcționare, gama de temperatura 0—45 °C).

Aceste funcții presupun implementarea unor algoritmi care impun sistemului de comandă cerințe deosebite :

- * viteza mare de calcul ;
- * operații aritmetice și trigonometrice ;
- * restricții majore de timp real.

În anii '70 aceste cerințe s-au asigurat pe seama unui minicalculator performant (de ta-

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări—București.

** Fabrica de Elemente pentru Automatizări — București

lia *PDP 11/34* produs de firma DEC-SUA) inclus în echipamentul de comandă numerică.

Practic toate firmele au trecut prin această soluție care până la urmă s-a arătat limitată din următoarele motive :

* flexibilitatea redusă în configurare în vederea obținerii unor echipamente de complexitate diferite la prețuri competitive ;

* imposibilitatea asigurării unor cerințe noi (număr sporit de axe, integrare în sisteme flexibile etc.) ;

* disponibilitate scăzută la funcționare în mediu industrial.

În aceste condiții, elaboratorii au fost obligați să adopte soluții cu procesoare paralele pe arhitecturi multiprocesor cu mult înainte ca astfel de structuri să fie aplicate în alte domenii (inclusiv tehnica de calcul).

Se remarcă în special în domeniul echipamentelor de comandă numerică a mașinilor-unelte, o specializare a unor firme de tradiție în domeniu.

Cei mai cunoscuți producători actuali sînt GENERAL ELECTRIC (SUA), ALLEN BRADLEY (SUA), SIEMENS (RFG), FANUC (Japonia) firme care acoperă mai mult de jumătate din piață.

Au prezentat în continuare echipamente noi firmele: HEIDENHEIN (RFG), BOSCH (RFG), TELEMECANIQUE (Franța), PHILIPS (Olanda) ș.a.

Tendințe în realizarea de echipamente de comandă numerică

Din analiza ultimilor tipuri de echipamente apărute pe plan mondial precum și din evoluția previzibilă a proceselor tehnologice în construcții de mașini rezultă următoarele tendințe pentru echipamentele de comandă numerică :

A. Satisfacerea unor cerințe și performanțe ridicate ale proceselor tehnologice (așchiere, tăiere cu flacăra, laser, presare, sudură etc.) :

- precizii ridicate la viteze sporite ;
- control adaptiv.

B. Integrarea în același echipament a unor funcții multiple de conducere a utilajelor și procesului :

- comanda numerică simultană a mai multor unități de lucru ;
- control secvențial prin automat programabil inclus ;
- comanda manipuloare, scule, palete, roboți atașați etc.

C. Disponibilitate ridicată prin :

- fiabilitate crescută ;
- mentenabilitate ridicată asigurată de procedee de supraveghere, autotest și autodiagnoza eficiente.

D. Interfețe cu operatorul evoluate care să permită o productivitate ridicată în operațiile

de programare, pregătire, testare a programelor utilizatorului :

- display grafic color ;
- console de programare ;
- posturi de proiectare ;
- tehnici interactive de programare (*MENU*)
- elemente de proiectare asistată de calculator implementate local.

E. Integrare în sisteme flexibile de fabricație :

- compatibilizarea funcțională a tuturor tipurilor de echipamente ;
- integrarea în rețele locale ;
- standardizarea comunicațiilor om-mașină (limbaje de programare evoluate) interechipamente ;

(protocoale, rețele locale), echipamente-proces.

F. Structuri multiprocesor :

- utilizarea cu precădere a microprocesoarelor din familiile INTEL 8080/8086 cu coprocesoarele asociate pe unități centrale (masteri) ;
- utilizarea microprocesoarelor adecvate pe controlere specializate.

G. Arhitecturi organizate pe blocuri funcționale :

- panou operator ;
- bloc editare, comunicație (*COM*) ;
- bloc comandă mișcări (*NC*) ;
- bloc automat programabil (*AP*).

H. Soluții constructive tipizate :

- cel mai răspândit format de plachetă : 233,4 × 160 mm (DUBLU EUROPA) cu conectori indirecti (SIEMENS, GENERAL ELECTRIC BOSCH, TELEMECANIQUE) ;
- construcții distribuite : panou + sertare.

Performanțele menționate sînt principalele obiective care stau în fața elaboratorilor noii familii de echipamente NUMEROM 700.

FAMILIA NUMEROM 700

În cadrul familiei NUMEROM 700 se vor realiza echipamente pentru :

- mașini-unelte așchietoare ;
- mașini-unelte pentru tehnologii neconvenționale ;
- roboți industriali ;
- celule și sisteme flexibile de fabricație.

Structural, familia **NUMEROM 700** se va caracteriza prin :

- arhitectură unică hard și soft ;
- structura hardware și software tipizată și modulară (total cca 25 tipuri de module **MULTIPROM**) ;
- diversificare pe tipuri de aplicații și funcție de complexitate prin configurare hard și soft : 4 clase de echipamente ;
- structura distribuită pe blocuri funcționale ;
- microprocesoare pe 8 și 16 biți din familiile INTEL 8080/8086/8087.

Arhitectura familiei **NUMEROM 700** este de tip multiprocesor, cu unități centrale de același tip utilizate ca masteri pe magistrala de sistem, fiecărei unități centrale asociindu-se una sau mai multe blocuri funcționale.

Un bloc funcțional reprezintă un ansamblu de module hard și soft capabil să realizeze un set de funcțiuni de un anumit tip.

Aplicațiile de tipul comenzilor numerice pentru mașini-unelte și roboți pot fi împărțite în 4 subsisteme, în general slab cuplate.

Acestor subsisteme li se pot asocia următoarele blocuri funcționale :

- * panou operator; *PO*
- * bloc editare, comunicație; *COM*
- * bloc de comandă mișcări; *NC*
- * bloc automat programabil. *AP*

PANOUL OPERATOR (PO) asigură interfața cu operatorul permițând introducerea și editarea programelor utilizatorului (programe piesă, programe robot etc) precum și vizualizarea stărilor interne ale echipamentului.

Panoul operator se poate realiza în mai multe variante funcție de complexitatea aplicației: modulul alfanumeric portabil (modul „invatare”), panoul cu afișare alfanumerică, panoul cu display alb negru, panoul cu display grafic color.

Panoul cu display grafic color permite utilizarea unor tehnici de programare tip *MENU* cu implementarea locală a unor elemente de proiectare asistată de calculator (*CAD*).

BLOCUL DE COMUNICAȚIE (COM) conține memoriile de programe de aplicație ale utilizatorului și programele de administrare ale acestora precum și interfețele necesare asigurării schimbului de date.

Acestea includ interfețele standard de tip *RS 232* și *RS 422* pentru conectarea la diferite terminale, panou operator, panou mașină, legătura la rețeaua locală (tip *IEEE 802,4*, compatibil *MAP*) și alte interfețe specifice pentru achiziții de date de la senzori sau alte dispozitive (de ex. vedere artificială).

Blocul *COM* mai conține paginile grafice definite de producător și cele definite de utilizator.

BLOCUL DE COMANDĂ MIȘCĂRI (NC) rezolvă sarcinile de comandă numerică clasice: interpretarea programelor utilizatorului (piesa, robot) generările de traiectorie necesare (interpolări) și controlul deplasărilor axelor prin module speciale de axă. Un bloc *NC* poate comanda simultan un număr maxim de 4 canale *NC* convenționale și 9 axe. Fiecărui canal i se poate alocă un interpolator și 1—9 axe.

BLOCUL AUTOMAT PROGRAMABIL asigură interfața cu mașina controlind procesele secvențiale specifice acestuia.

Blocurile funcționale sint realizate cu module tipizate **MULTIPROM** circa 25 tipuri pentru întreg sistemul.

Fiecare bloc funcțional este realizat în jurul aceluiași tip de unitate centrală pe 16 biți (8086/8087) și mai conține în afara memoriilor necesare o serie de alte module pasive și active (inteligente) necesare pentru cuplarea cu procesorul, perifericele standard și rețeaua locală.

O astfel de soluție asigură o portabilitate totală a programelor de aplicație și permite, funcție de anvergura aplicației compactarea a doua sau mai multe blocuri funcționale pe o singură unitate centrală.

Se pot defini astfel 4 clase de structuri funcție în principal de numărul de unități centrale utilizate.

CLASA I : — Blocurile *COM*, *NC* și *AP* compactate pe o singură unitate centrală; un singur sertar.

— Aplicații de poziționare mașini-unelte, utilaje tehnologice, manipolatoare și roboți *PTP*.

CLASA II-a : — Blocurile *COM* și *NC* compactate pe o singură unitate centrală cuplată pe magistrala de sistem cu unitatea centrală aferentă blocului *AP*; un singur sertar.

— Aplicații de complexitate medie (poziționări, interpolări simple) pentru mașini-unelte și roboți industriali.

CLASA III-a : — Blocurile *COM*, *NC*, *AP* implementate pe unități centrale independente

Varianta 1 — unitățile centrale aferente blocurilor *COM*, *NC*, *AP* cuplate pe magistrala de sistem într-un același sertar; extensie *VO* posibilă pentru automatul programabil într-un al doilea sertar.

Varianta 2 — Unitățile centrale aferente *COM* și *NC* cuplate pe magistrala de sistem într-un același sertar, blocul *AP* într-un al doilea

sertar legat printr-o memorie de cuplare dublu port cu celelalte două blocuri funcționale.

- Aplicații de complexitate ridicată: centre de prelucrare, mașini pentru tehnologii neconvenționale, roboți evoluți.

CLASA IV-a: — Blocurile funcționale implementate pe unități centrale distincte cu variante de cuplare:

- pe aceeași magistrală de sistem
- prin memorie de cuplare dublu port (*AP-NC*) prin legătura serială *RS* → 422 (*COM-NC*).

Se pot realiza configurații mari cu mai multe blocuri *NC* (până la 4), mai multe blocuri *AP*, mai multe panouri operator, distribuite în sistem.

- Aplicații în celule și sisteme flexibile de fabricație.

Exemple de echipamente:

Clasa I: NUMEROM 720 — Echipament de poziționare pentru mașini, unelte și utilaje tehnologice

Clasa III-a: NUMEROM 770 — Echipament de comandă pentru roboți industriali evoluți

NUMEROM 750 — Echipament de conturare pentru mașini de electroeroziune cu fir.

Clasa IV-a: NUMEROM 740 — Echipament de comandă numerică pentru celule și sisteme flexibile.

Flexibilitatea în configurare, care permite realizarea a 4 clase de echipamente de complexități diferite, este asigurată și de o arhitectură corespunzătoare a sistemului de programe de baza și de aplicație care prezintă o structură de sistem distribuit de timp real multiprocesor.

Sistemul de programe de bază trebuie să asigure în principal:

- exploatarea resurselor hardware;

- controlul execuției în timp real a mai multor task-uri cu cerințe deosebite privind timpul de repaus;
- sincronizarea execuției între procesoare prin mecanisme adecvate (întreruperi, evenimente, semafoare, cutii poștale);
- facilități de depanare;
- interfețe pentru dispozitive de memorie externă și terminale.

Sistemul trebuie să fie configurabil ca funcțiuni și ca mărime. Sistemul cuprinde un nucleu executiv de timp real care asigură:

- lucrul în regim multitasking;
- mijloace de sincronizare și comunicare între task-uri (semafoare, cutii poștale, ș.a.);
- gestiunea memoriei;
- tratarea întreruperilor cu timp de răspuns sub 300 μ s;
- lucru cu intrări/ieșiri.

Fiecare unitate centrală va avea instalat un executiv de timp real de acest tip ceea ce va asigura flexibilitatea necesară în configurarea hard-soft a sistemului.

Celelalte module inteligente din sistem, funcție de necesități și tipul de microprocesor utilizat vor avea sau nu vor avea instalate executiv de timp real specifice.

În sistemul **NUMEROM 700** vor fi implementate mijloace eficiente de supraveghere și test on și off-line a echipamentelor și a utilajelor pe care le comandă. Prin blocuri hardware și procedee software specifice se asigură astfel o disponibilitate ridicată a echipamentelor și a sistemului echipament-utilaj în ansamblu.

La nivelul structurii hardware s-au implementat circuite speciale destinate asigurării unor facilități sporite de autotestare.

Programele de supraveghere și autodiagnoză se grupează în trei subsisteme după modul lor de landare:

- la pornire (power-up);
- în timpul funcționării (run time);
- în timpul operațiilor de service.

S-a dezvoltat un modul de supraveghere specializat (**MULTIPROM**) având rolul de a testa funcționarea structurii hard (la nivel de sertar) și a supraveghea un număr de semnale externe.

Echipamentele de comandă numerică sînt destinate să fie utilizate în condiții de exploatare industrială extrem de severe:

- mediu industrial dificil (pulberi metalice, vibrații în funcționare, temperaturi de lucru 0–45 grade C);
- exploatare continuă în trei schimburi;
- disponibilitate ridicată.

Disponibilitatea ridicată a echipamentelor se obține pe seama următoarelor componente:

- fiabilitate;
- mentenabilitate.

Mentenabilitatea se asigură prin mijloace de depanare eficientă și o organizare corespunzătoare a service-ului.

Fiabilitatea produselor se asigură prin măsuri corespunzătoare în concepția și fabricația echipamentelor.

- utilizarea unor componente de calitate corespunzătoare (uz industrial);

- dimensionarea corespunzătoare schemei în vederea evitării încărcării maxime a componentelor;

- fiabilizarea echipamentelor prin antrenamente termice la nivel componente, subansamblabile și ansamblabile;

- control tehnic de calitate corespunzător.

Caracteristicile funcționale și de calitate preconizate pentru familia **NUMEROM 700** se vor obține pe seama utilizării unor componente și tehnologii performante:

- familiile de microprocesoare de 8 și 16 biți și coprocesoare aritmetice, memorii de mare capacitate;

- componente cu montare pe suprafață;

- cablaje multistrat;

- tehnologii automatizate și robotizate de montaj și testare.

Concepția familiei **NUMEROM 700** se înscrie în concepția comună de dezvoltare a echipamentelor de comandă numerică adoptată între țările membre CAER, partea română colaborând cu alte țări socialiste la elaborări de echipamente.

Asimilarea echipamentelor familiei **NUMEROM 700** va duce la obținerea următoarelor efecte economice principale:

- creșterea fiabilității echipamentelor de la $MTBF = 1500$ ore în 1986 la $MTBF = 10\,000$ ore în 1990;

- creșterea numărului de funcțiuni de circa 5 ori;

- reducerea consumului de materiale cu circa 30%;

- reducerea consumului de energie electrică cu circa 35%;

- dublarea productivității muncii la producător;

- creșterea producției pe unitate de suprafață productivă cu circa 20%;

- creșterea raportului performanță cost de circa 3 ori.

Echipamentele familiei **NUMEROM 700** se găsesc în prezent în diverse faze de elaborare și experimentare în colective de la IPA București și filialele IPA din Oradea și Timișoara.

Concluzii

Prin performanțele care se preconizează și concepția structurală adoptată, echipamentele familiei **NUMEROM 700** vor asigura:

- o varietate largă de aplicații actuale și de perspectivă în domeniul automatizării proceselor de fabricație din construcții de mașini și în special al proceselor de așchiere contribuind esențial la creșterea productivității muncii la beneficiar și a calității produselor;

- un grad ridicat de tipizare funcțională și constructivă cu efecte pozitive la producător și la beneficiar (prin creșterea eficienței service-ului și a disponibilității echipamentelor).

Bibliografie:

- [1] * * * SINUMERIK 850 Projektierungsanleitung/1986.
- [2] * * * SINUMERIK 810 Übersicht SINUMERIK 810/1986.
- [3] * * * SINUMERIK 850 Übersicht SINUMERIK 850M/850 ME/1986.
- [4] * * * The Mark Century ONE CNC/1986.
- [5] Marcel, H. Lénax. Modular high throughput computer numerical control for flexible manufacturing systems/1983 IEEE.
- [6] * * * Maho—CNC 432—3 bis 5 Achsen — Bildschirm — Bahnsteuerung mit Geometrie — Prozessor und Grafik.
- [7] * * * SINUMERIK 810/850 Bedienungsanleitung.
- [8] * * * Bosch CC100M, CC200T, CC300M/1986.
- [9] * * * CNC 700K Das system der kompaktem Komponenten/1986.
- [10] * * * Catalog MULTIPROM — IPA — 1986.
- [11] * * * STE Echipamente de comandă numerică a mașinilor-unelte, IPA sept. 1985.

C.Z. 621.83

ACȚIONĂRI REGLABILE
MAȘINI—UNELTE

Considerații asupra utilizării motoarelor sincrone și asincrone la acționările reglabile ale mașinilor-unelte și roboților industriali

GÜNTHER WEINRICH*, OCTAVIAN HRUBARU** — BUCUREȘTI

1. Introducere

Evoluția sistemelor flexibile de prelucrare și a aplicării conceptului CAM (computer aided manufacturing) a impus condiții noi sistemelor de acționare electrică a mașinilor unelte și roboților industriali [1], [2]: creșterea numărului de axe /utilaj, creșterea vitezelor de lucru (până la 20 m/min) și de avans rapid (până la 40 m/min) în condiții de precizie ridicată, o dinamică foarte bună într-o gamă largă de turații, indicatori de fiabilitate ridicați. Creșterea turației maxime a motoarelor și în special posibilitatea de încărcare a acestora la turații mari a fost limitată până în prezent de comutația prin colector a motorului de c.c., care constituie și o cauză a uzurii, necesități de întreținere și a defectării relativ frecvente a acestui tip de motor. Ca urmare se constată o tendință pronunțată de trecere la sisteme de acționare cu motoare de c.a. (1)...(7), atât la acționările de avans (servosisteme), cât și la cele principale ale mașinilor-unelte. Astfel de exemplu, pe piața RFG în 1980—1981 servosistemele de c.a. erau practic absente, pe cînd în 1985 din 37.000 servoaxe de mașini-unelte vîndute 20% erau deja în tehnica c.a. estimîndu-se o creștere anuală cu cca 15% a acestui coeficient, astfel încît în 1990 acestea vor deveni cu siguranță preponderante (3). Această evoluție a devenit posibilă prin:

— fabricația unor tranzistoare de mare putere, în special în construcții cu integrare hibridă împreună cu diodele de descărcare și accelerare aferente, pe bază metalică cu potențial liber („module”) (8)...(10), din care menționăm modulele cu tranzistoare bipolare Darlington de pînă la 1000 V, 400 A, 2400 W și 2×(1000 V, 200 A, 1200 W), utilizabile în scheme cu racord direct la rețeaua de 3×380 V, 50 Hz, precum și modulele cu IGBT (isolated gate bipolar transistor) cu poarta izolată prin oxizi ca la tranzistoarele MOS, cu tensiuni de blocare de

la 500 la 1000 V și curenți de durată pînă la cca 50 A (8), (9);

— aplicarea unor noi principii de comandă și reglare a convertizoarelor cu tranzistoare de putere, cu modulare în durată a impulsurilor și reglare fazorială;

— fabricația unor tipuri superioare de magneți permanenți pe bază de pămînturi rare: *SmCo* și *NdFeB*, avînd 200 și 300 kJ/m³ față de 30 kJ/m³ la feritele dure (11), (12), deci deosebit de utile pentru excitarea motoarelor sincrone (fig. 1).

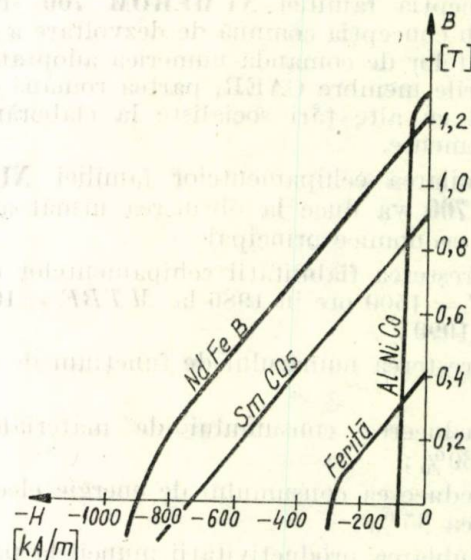


Fig. 1. — Curbele de demagnetizare ale unor magneți permanenți (3)

În cadrul acționărilor în c.a. s-au realizat sisteme pe bază de motoare sincrone, în două variante: „motorul de c.c. fără perii” și motorul sincron în regim sinusoidal autopilotat și sisteme pe bază de motoare asincrone, atât pentru acționările de avans, cât și pentru acționările principale. În continuare se vor prezenta pe scurt aceste variante, pentru a se trage în final concluzii privind tendințele și domeniile de aplicare.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

** Întreprinderea Electrotehnica — București

2. Servoacționări pe bază de motoare sincrone cu magneți permanenți

2.1. Servoacționări cu motoare de c.c. fără perii (3), (5), (13) ... (20)

Aceste motoare sînt de fapt motoare sincrone, cu o distribuție cuasirectangulară a inducției magnetice în întrefier. În cazul magneților permanenți puternici, realizați pe baza de pămînturi rare, magneții sub formă de bare sînt fixați direct pe suprafața rotorului, cu interștii minime (fig. 2), ceea ce determină

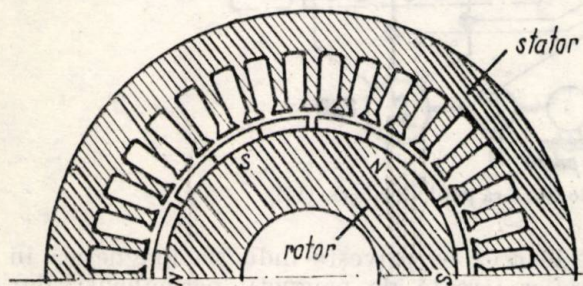


Fig. 2. — Secțiune printr-un servomotor de c.c. fără perii cu magneți permanenți din pămînturi rare ($Z_p = 3$, $q = 2$)

forma rectangulară a cîmpului magnetic din întrefier (fig. 3 a). Conductoarele din creștătura statorică vor fi sub acțiunea inducției rectan-

de formă trapezoidală (fig. 3b), cu porțiuni de 120° el de amplitudine constantă. Pe porțiunea respectivă de 120° el (respectiv $120^\circ/z_p$ grade mecanice) într-un conductor se induce o t.e.m. constantă, proporțională cu inducția B_s și viteza periferică v (fig. 3b), iar dacă prin conductor circulă un curent constant I (fig. 3c) asupra lui se exercită o forță constantă proporțională cu valoarea aceluia curent și inducția B_s (fig. 3d). După trecerea celor 120° el, situație detectată de traductorul poziției rotorice, faza respectivă este deconectată prin tranzistorul respectiv al invertorului (fig. 4), care comută curentul prin tranzistorul corespunzător pe următoarea fază, care se găsește în poziția inițială a porțiunii plate a trapezului ș.a.m.d. Curentul și cuplul fazei considerate inițial vor avea deci formele de undă rectangulare din figura 3c și 3d. Considerînd ansamblul celor 3 faze, cuplul motor rezultat va fi constant, figura 3 e. Cele 6 tranzistoare ale invertorului ($2m$, unde m este numărul de faze ale motorului) joacă deci rolul comutatorului electromecanic (colectorului) motorului de c.c., ansamblul invertor-motor sincron fiind echivalent cu motorul de c.c.

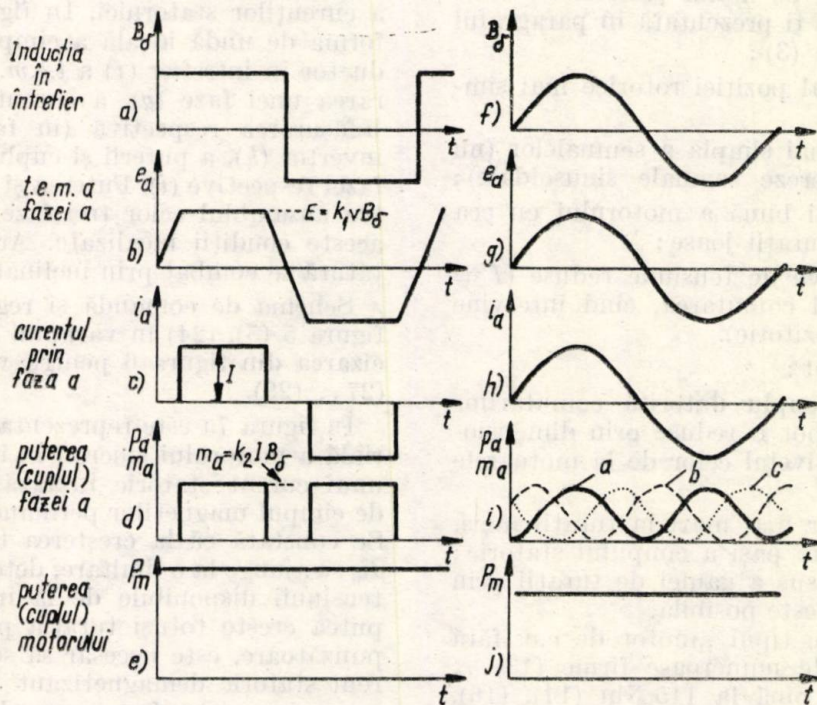


Fig. 3. — Formele de undă ale parametrilor motorului sincron cu magneți permanenți în regim trapezoidal = „motor de c.c. fără perii” (a...e) și sinusoidal (f...j)(3).

gulare în timp, în cazul rotirii uniforme a rotorului. Aceasta înseamnă o t.e.m. indusă rectangulară, dar în realitate creștăturile statorice se înclină cu un pas pentru anularea armonicilor de creștătură, încît t.e.m. indusă rezultă

Schema de comandă și reglare este dată în figura 4 (15). Traductorul de poziție rotorică are o rezoluție de 60° el, intervale la care se comandă comutările în invertor. Simultan trebuie să se comute și fazele pe circuitul de măsură

a curentului și de asemenea fazele de pe care se culege *t.e.m.* a tahogeneratorului trifazat, care este și el realizat cu o formă de undă trapezoidală, de pe care se selectează succesiv porțiunile plate de cîte 120° el. Desigur că tahogeneratorul are același număr de poli ca și motorul

2.2. Servoacționări cu motoare sincrone autopilotate în regim sinusoidal (3), (5), (21) ... (29).

Aceste motoare se realizează într-o construcție care să asigure mărimi cit mai sinusoidale

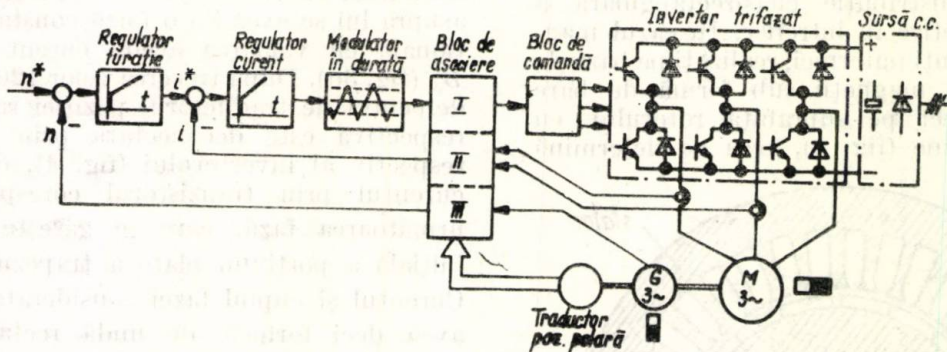


Fig. 4. — Schema bloc a acționării cu motor de c.c. fără perii (Siemens (15)).

sincron, față de care este aliniat mecanic ca poziție a polilor. Regulatele de turație și curent sînt legate în cascadă și lucrează la fel ca și în cazul unei servoacționări cu motor de c.c. comandat printr-un convertizor (modulator) cu tranzistoare, cu modulare în durată a impulsurilor.

Față de varianta de motor sincron cu unde sinusoidale, care va fi prezentată în paragraful 2.2, avantajele sînt (3) :

- un traductor al poziției rotorice mai simplu :

- o prelucrare mai simplă a semnalelor (nu trebuie să se genereze semnale sinusoidale) ;

- o utilizare mai bună a motorului cu cca 15%, mai ales la turații joase ;

- căderi inductive de tensiune reduse ($I = \text{const.}$, exceptînd comutarea, cînd intervine reactanța supratranzitorie).

Dezavantajele sînt :

- fluctuații de cuplu datorită comutărilor neideale, dar care pot fi reduse prin dimensionare și reglare la nivelul celor de la motoarele de c.c.,

- pierderi în fier mai mari la turații mari, datorită înaintării în pași a cîmpului statoric ;

- extinderea în sus a gamei de turații prin slăbire de cîmp nu este posibilă.

Servoacționări de tipul „motor de c.c. fără perii” se produc de numeroase firme (13) ... (20) la cupluri pînă la 115 Nm (14), (16), fiind în prezent cele mai răspîndite servoacționări de c.a. Pentru acționarea roboților firma BBC produce și o serie de servomotoare sincrone cu rotor disc (20). Firma Bosch produce și o serie de servomotoare sincrone cu magneti din ferită (17), (18). Execuția standard este însă cea cu rotor cilindric și magneti din *SmCo*, gradul de protecție IP65.

atit în ceea ce privește inducția magnetică în întrefier (creată de magnetii permanenți, dar și de reacția indusului), cit și referitor la *t.e.m.* indusă ; alimentarea motorului se realizează cu un sistem trifazat de curenți cit mai sinusoidali (3), (5), (21). Acest scop se urmărește prin forma circuitului magnetic, repartitia înfășurărilor în creștături și modul de imprimare a curenților statornici. În figura 3 se prezintă forma de undă ideală a cîmpului magnetic inductor în întrefier (*f*) a *t.e.m.* induse în înfășurarea unei faze (*g*), a curentului imprimat în înfășurarea respectivă (în fază cu *t.e.m.*) de inverter (*h*), a puterii și cuplului motor aferent fazei respective (*i*). Puterea și cuplul motor pentru ansamblul celor trei faze este constant, în aceste condiții idealizate. Armonicile de creștătură se combat prin înclinarea acestora.

Schema de comandă și reglare este dată în figura 5 (5), (24) în variantă numerică, cu precizarea din figura 6 pentru varianta analogică (27 ... (29).

În figura 7a este reprezentată diagrama fazorială a motorului sincron în ipoteza imprimării unui curent statoric în fază cu *t.e.m.*-indusă de cîmpul magnetilor permanenți (fig. 3 *f*, *g*, *h*). Se constată că la creșterea turației și a *t.e.m.* E_0 se ajunge la o limitare, determinată de cercul tensiunii disponibile de la inverter. Pentru a putea crește totuși turația peste limita corespunzătoare, este necesar să se injecteze un curent statoric demagnetizant I_d , perpendicular pe componenta I_q care produce cuplul motor (fig. 7b), deci să se lucreze în regim de slăbire a cîmpului. Prin aceasta, *t.e.m.* $E_0 - E_d$, ca și tensiunea la borne U , rămîn în interiorul cercului limită, deși E_0 a depășit această limită. Sub aspect termic I_q , trebuie redus la nivelul

$$I_N \sqrt{1 - \frac{I_d^2}{I_N^2}}, \text{ deci cuplul motor disponibil scade}$$

(23). Introducerea componentei I_d este echivalentă cu rotirea (deci defazarea) curentului statoric imprimat, în raport cu *t.e.m.* Problema slăbirii cîmpului este pusă în evidență în (22)...(24), (26), (28) și (29).

a întreprinderii Electrotehnica, elaborată de IPA (variatoare) și ICPE (motoare) (27), serie care este în curs de extindere la tipodimensiuni mai mari (35 Nm, 47 Nm).

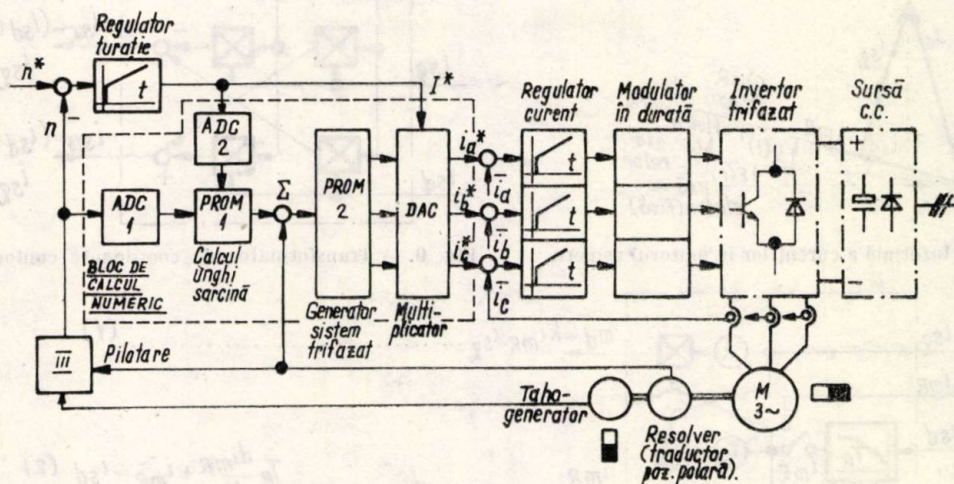


Fig. 5. — Schema bloc a acționării cu motor sincron autopilotat (Inland (24)).

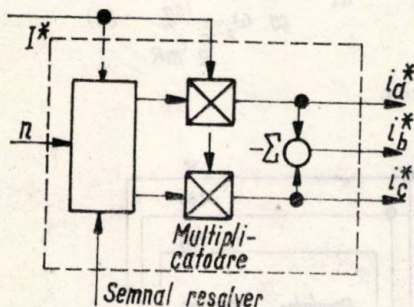


Fig. 6. — Bloc de calcul analogic al referințelor de curent (poate înlocui cel numeric din fig. 5)

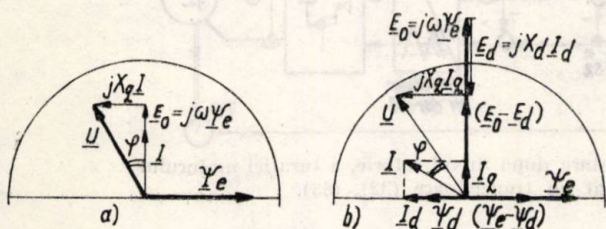


Fig. 7. — Diagrama fazorială a motorului sincron, cu magneți permanenți: a) la turații reduse, b) la turații mari, cu slăbire de cîmp.

Avantajele și dezavantajele sistemului de acționare cu motor sincron autopilotat în comparație cu cel pe principiul motorului de c.c. fără perii rezultă din cele expuse la paragraful 2.1.

Servoacționări de tipul „motor sincron autopilotat” se produc de unele firme (24), (27), de menționat fiind seria AAMS de 0,47...13 Nm

3. Servoacționări pe bază de motoare asincrone

Motoarele asincrone destinate utilizării ca servomotoare se dimensionează pentru condițiile specifice de utilizare (3), (31). Pentru realizarea unui moment de inerție redus, motoarele se execută cu diametru redus și deci de lungime mare.

Momentul de inerție este mai mare decât la motoarele sincrone cu magneți permanenți cu pămînturi rare, dar mai redus decât la cele cu ferite.

Față de motoarele sincrone, cele asincrone prezintă dezavantajul unor pierderi în înfășurarea rotorică (absență la motoarele sincrone cu magneți permanenți) și al unor pierderi suplimentare în înfășurarea statorică datorită curentului de magnetizare (în schimb în regim de slăbire a cîmpului, situația se inversează). În ansamblu, motoarele asincrone au o greutate mai mare decât cele sincrone cu pămînturi rare, dar aproximativ la nivelul celor cu ferite. Motoarele asincrone nu se demagnetizează, putînd să dezvolte în timp scurt cupluri foarte mari.

Pentru a obține performanțe dinamice bune într-o gamă largă de reglare a turației, se aplică principiul reglării fazoriale (vectoriale) și al orientării după cîmp (32)...(36). În figura 8 este reprezentat fazorul spațial reprezentativ al curentului statoric, considerat într-un plan perpendicular pe axul rotorului. Acest fazor se rotește cu viteza unghiulară a cîmpului învîrtitor, iar proiecțiile sale pe axele celor trei înfășurări statorice reprezintă valorile instantanee ale celor 3 curenți de fază. Fazorul i se poate raporta fie la axele ortogonale statorice fie

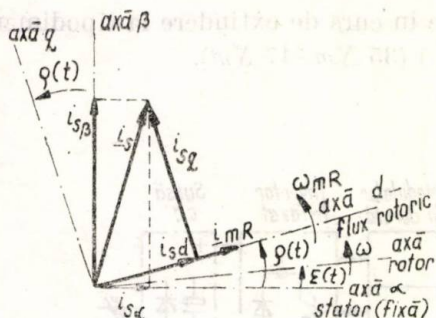


Fig. 8. — Diagrama fazorială a curenților în motorul asincron.

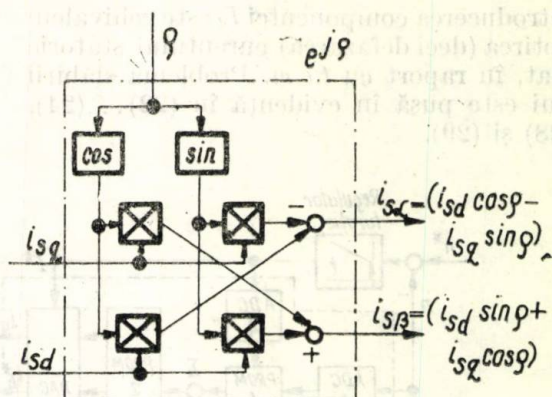


Fig. 9. — Transformator de coordonate conform fig. 8.

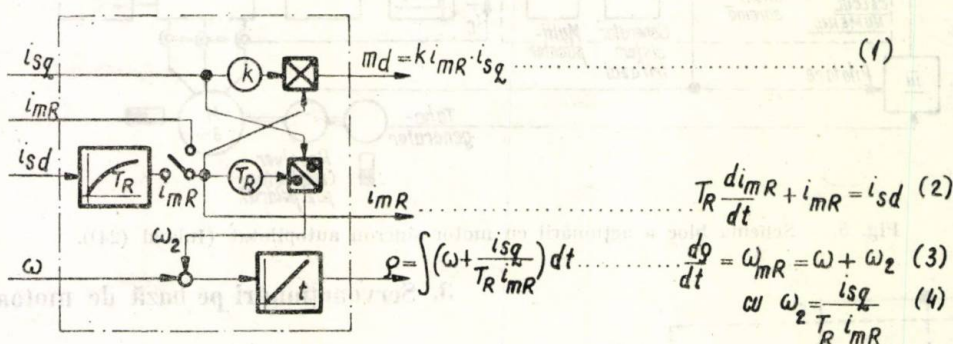


Fig. 10. — Modelul motorului asincron.

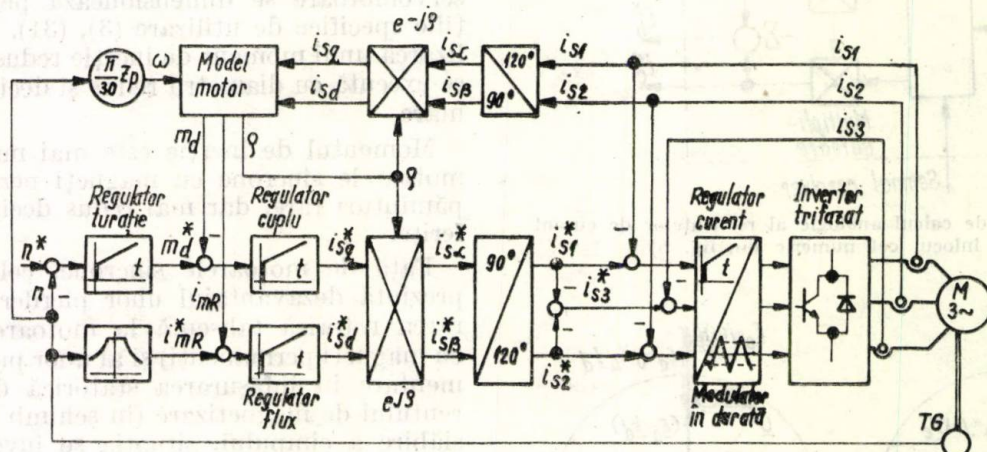


Fig. 11. — Schema bloc de reglare fazorială, cu orientare după fluxul rotoric, a turației motorului asincron, comandat prin inverter trifazat cu tranzistoare (32), (33).

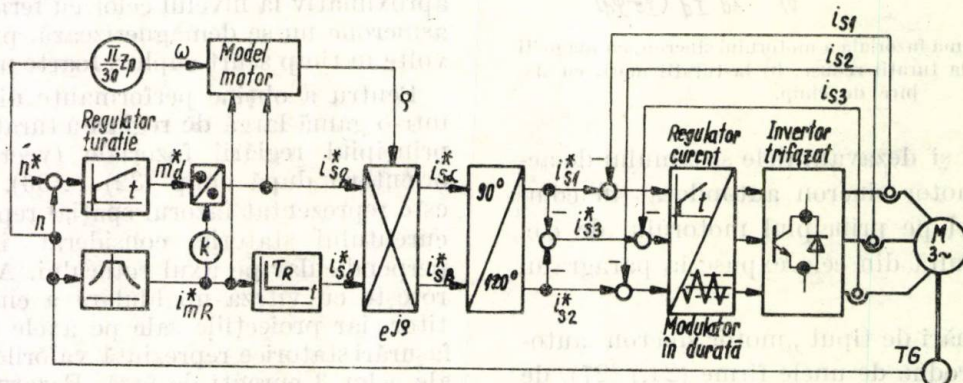


Fig. 12. — Schema bloc de reglare fazorială, simplificată față de cea din fig. 11 (34), cu unele modificări.

$\alpha - \beta$, fie la axele ortogonale $d-q$, care se rotesc cu viteza unghiulară a câmpului învîrtitor rotorice reprezentat prin fazorul de curent i_{mR} . Raportarea la sistemul de axe legat de câmpul rotorice prezintă avantajul unor componente

4. Acționări principale pe bază de motoare sincrone cu magneți permanenți

Acționările principale trebuie să asigure diagrame de putere și cuplu ca în figura 13.

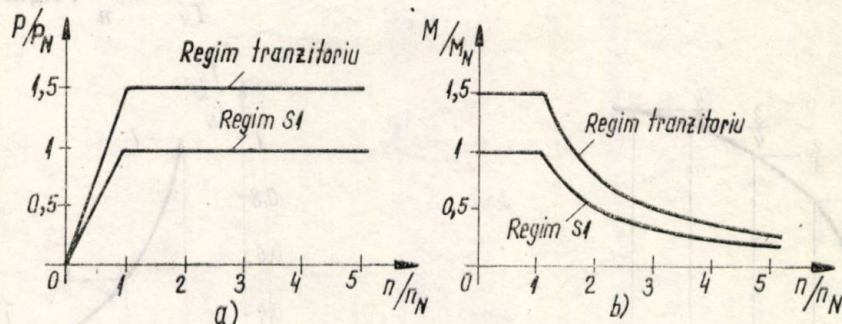


Fig. 13 — Diagramele puterilor și cuplurilor specifice acționărilor principale ale mașinilor unelte.

constante în regim cuasistaționar și al unei analogii cu motorul de c.c. Astfel, componenta i_{sd} este cea care produce câmpul magnetic, iar i_{sq} cea care împreună cu fluxul magnetic crează cuplul motor. Trecerea de la un sistem de coordonate la altul se face printr-un transformator de coordonate analogic sau numeric ca cel din figura 9. Ecuatiile de bază ale motorului asincron sînt reprezentate în figura 10, din care rezultă o mare analogie cu motorul de c.c.

În figura 11 (32), (33) este reprezentată schema de reglare fazorială a motorului asincron, cu orientare după fluxul rotorice, în care s-au utilizat transformatoare de coordonate ca în figura 9 și modelul motorului asincron din figura 10. Se constată similitudinea cu schema de reglare automată a motorului de c.c. Schema este foarte complexă, dar se poate simplifica: avînd în vedere rapiditatea de răspuns deosebită a convertizorului cu tranzistoare în regim de modulare în durată a impulsurilor la o frecvență de peste 2 kHz la comenzi de variație a curenților imprimați, se pot folosi ca semnale de intrare în modelul motorului asincron valorile impuse i_{sd}^* și i_{sq}^* în locul valorilor reale i_{sd} și i_{sq} . Rezultă schema din figura 12 [(34), cu o corecție]. Schema se poate simplifica și mai mult dacă nu se lucrează cu slăbire de câmp, deci la $i_{sd}^* = \text{const.}$ (35), (36).

Servoacționări cu motoare asincrone se fabrică de firma BBC (30) în gama 4, ... 50 Nm. Robustețea deosebită a acestui tip de motor face ca aplicarea sa să fie foarte utilă în industrii (ca cea a automobilelor) cu număr mare de servosisteme, la care o oprire din cauză de defect duce la pagube importante (4). În țara noastră Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări (a elaborat variatoare VAMF (36), tipodimensiunea de 35 Nm fiind omologată ca prototip.

Firma Indramat produce o serie de acționări principale pe bază de motoare sincrone cu magneți permanenți în gama 2,2 ... 10 kW (37), cu un domeniu de funcționare la putere constantă de pînă la 3 : 1. După cum s-a arătat la paragraful 2.2 slăbirea de câmp se realizează în regim sinusoidal printr-o componentă demagnetizantă I_d a curentului statoric (fig. 7b). Pentru slăbirea unor relații cantitative impunem ca în întreaga gamă de slăbire a câmpului *t.e.m.* rezultantă $E_0 - E_d = E_N \frac{n}{n_N} - X_d I_d$ să fie egală cu *t.e.m.* nominală (fig. 14), limitînd în acest fel

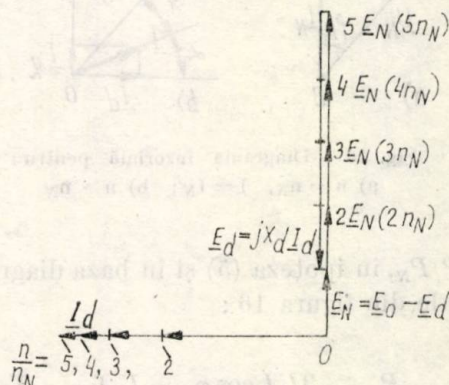


Fig. 14 — Diagrama fazorială a motorului sincron cu magneți permanenți autopilotat în zona de slăbire a câmpului, la mersul în gol.

tensiunea la bornele motorului la o valoare sub cea disponibilă de la convertizor, similar cu motorul de c.c. Din această condiție rezultă :

$$\frac{I_d}{I_N} = \frac{1}{x_{dN}} \left(1 - \frac{n}{n_N} \right), \text{ unde } x_{dN} = \frac{x_{dN} I_N}{E_N} \text{ în u.r.,}$$

(5)

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări

relație reprezentată în figura 15.

Componenta transversală I_q , care determină cuplul motorului, rezultă din coeficientul puterii

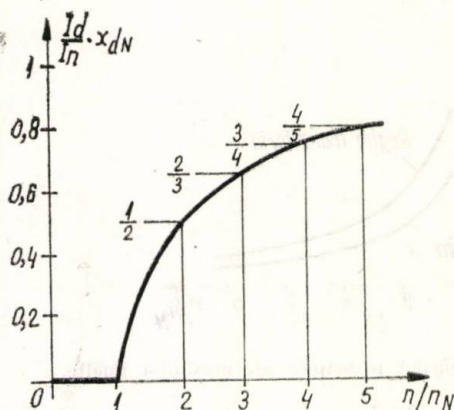


Fig. 15 — Diagrama curentului demagnetizant necesar la turații peste cea nominală.

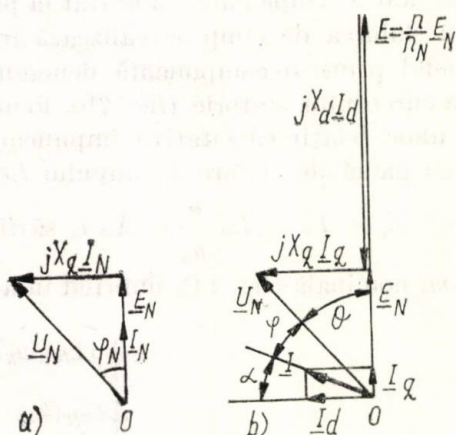


Fig. 16 — Diagrama fazorială pentru:
a) $n = n_N$, $I = I_N$; b) $n > n_N$

$p = P/P_N$, în ipoteza (5) și în baza diagramelor fazoriale din figura 16 :

$$p = \frac{P}{P_N} = \frac{3UI \cos \varphi}{3 E_N I_N} = \frac{I_q}{I_N} \left[1 + \frac{X_{dN}}{X_{qN}} \cdot \left(\frac{n}{n_N} - 1 \right) \right] \quad (6)$$

care pentru $X_q = X_d$ devine :

$$p = \frac{P}{P_N} = \frac{M}{M_N} = \frac{I_q}{I_N} \cdot \frac{n}{n_N} \quad (7)$$

Rezultă pentru realizarea puterii nominale în întreaga gamă de slăbire a cîmpului ($p=1$, fig. 13) :

$$\frac{I_q}{I_N} = \frac{n_N}{n}, \text{ figura 17.} \quad (8)$$

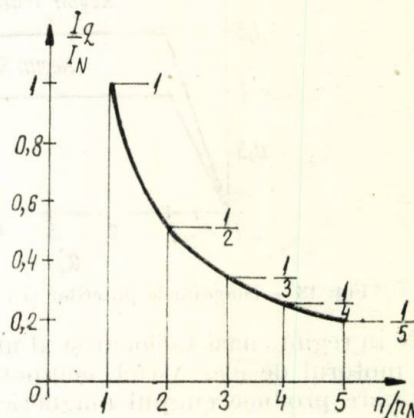


Fig. 17 — Curentul transversal la $P=P_N$, pentru $X_q=X_d$.

Din relațiile (5) și (8) rezultă pentru realizarea condiției termice :

$$\sqrt{I_d^2 + I_q^2} = I_N \text{ la } n_{\max} \text{ condiția}$$

$$X_{dN} = \sqrt{\frac{v-1}{v+1}}, \text{ cu } v = \frac{n_{\max}}{n_N} \quad (9)$$

relație reprezentată în figura 18. Se constată necesitatea unei reactanțe x_{dN} relativ mari (cc 0,8...0,9 u.r.) pentru realizarea unei game largi

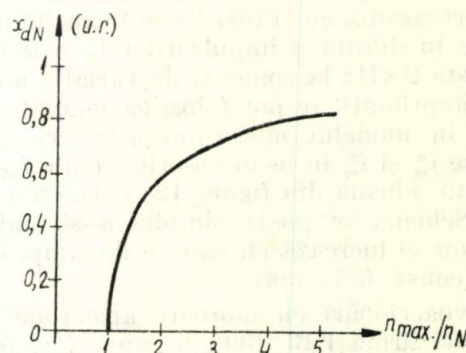


Fig. 18 — Diagrama valorilor minime necesare ale X_{dN} pentru realizarea gamei $n_{\max}/n_N$ la $P=P_N$, în cazul $X_d=X_q$.

de funcționare la $P=P_N$, ceea ce se obține prin dimensionarea motorului „cu fier puțin și cupru mult”. În literatura de specialitate consultată nu s-au găsit relațiile de dimensionare deduse mai sus.

Schema de reglare automată trebuie să fie de tip fazorial, cu intervenție separată pe componentele i_d și i_q .

Ca și în cazul acționărilor de avans, motorul sincron prezintă față de cel asincron avantajul lipsei înfășurării rotorice și a pierderilor aferente acesteia, precum și a lipsei curentului magnetizant la turații sub cea de bază.

5. Acționări principale pe bază de motoare asincrone

Acționări de acest tip se produc de o serie de firme (17), (30), (38), (39). Gama de reglare a turației este pînă la 1:1000, din care la putere constantă 1:4 sau chiar ceva mai mare, turația maximă 6000 rot/min, gradul de protecție al motoarelor IP54. S-au realizat motoare pînă la 63 kW (38).

Motorul se alimentează printr-un invertor trifazat cu tranzistoare de mare putere, cu modulare în durată a impulsurilor.

Se aplică reglarea fazorială, în genul schemei din figura 11 și 12.

În țara noastră a fost experimentată o soluție pe un motor de 2,2 kW, dimensionat special de IMEB în acest scop și există un program de elaborare și asimilare, cu participarea IPA, ICPE și Întreprinderea Electrotehnica.

6. Concluzii

La toate acționările reglabile cu motoare sincrone și asincrone, aplicate la mașini-unelte și roboți industriali, convertizorul este realizat pe bază de tranzistoare de mare putere și mai ales module tranzistor — diodă și lucrează în regim de modulare în durată a impulsurilor la frecvențe de peste 2 kHz.

Soluțiile cele mai frecvente întilnite sînt cu :

— motor sincron cu magneți permanenți din pămînturi rare, în soluția „moror de c.c. fără perii” pentru avansuri,

— motor asincron cu reglare fazorială pentru acționări principale.

În unele situații motorul asincron de avans este de preferat celui sincron :

— la aplicații care cer o fiabilitate deosebită pentru motoare,

— în situația în care nu se dispune de magneți pe bază de pămînturi rare, motorul asincron fiind competitiv cu cel sincron realizat cu magneți din ferită.

Bibliografie

- [1] Gierse, H. — SIMODRIVE: Antriebe für Werkzeugmaschinen und Roboter. Stand der Technik und Entwicklungstendenzen. Siemens Energie & Automation Produktinformation 5 (1985) Heft 2, p. 52...53.
- [2] Raven, Manfred, V. — SINUMERIK — Steuerungen und regelbare Antriebe SIMODRIVE — Produkte für Zukunftsweisende Werkzeugmaschinenkonzepte. Siemens Energie 8 Automation 7 (1985) Heft 4, p. 258...261.
- [3] Henneberger, G. (Robert Bosch G.m.b.H.) — Servo Drives for Machine Tools and Robotics. Proc. International Conference on Electrical Machines, München, Sept. 1986, p. 21...33.
- [4] Haas, M. de (BBC) — Tendenzen in der Antriebstechnik. Elektroanzeiger 39 (1986) Nr. 2, p. 35...36.
- [5] Brosnan, M.F. (Inland Kollmorgen Ltd.) — New Trends in Servo Control Systems. Proc. European Conference on Power Electronics and Applications, Brussels, Oct. 1985, p. 5.1...5.6.
- [6] Fransua, A. Măgureanu, R. (IPB) — State of Art of Electrical Motors and Drive Systems. Proc. International Conference on Electrical Machines and Drive Systems, Eforie Nord, Sept. 1986, p. G1.1—1...16.
- [7] Trescher, H. (BBC) — Rationelle Energienutzung durch Drehstromantriebe. Elektroanzeiger 39 (1986) Nr. 10, p. 23...30.
- [8] Bruyne, P. de (BBC) — Intelligente und kraftvolle Leistungshalbleiter. Elektroanzeiger 39 (1986) Nr. 11, p. 17...24.
- [9] Baab, J. (BBC) — Abschaltbare Leistungshalbleiter für Umrichter. Elektroanzeiger 40 (1987) Nr. 1, p. 28...30.
- [10] Fuji Electric — Fuji Semiconductors/'86—'87. Power Transistors.
- [11] Ebeling, R. (Krupp Widia G.m.b.H.) — Magnetica: Basis und Motor in Elektronik und Elektrotechnik. Elektroanzeiger 40 (1987) Nr. 1, p. 46...48.
- [12] Burzo, E. (ICEFIZ) — Rare-earth Permanent Magnets for Electrical Engineering Applications. Proc. International Conference on Electrical Machines and Drive Systems, Eforie Nord, Sept. 1986, p. C11. 4—1...10.
- [13] Stone, A.C. Buckley, M.G. (Inland Kollmorgen Ltd.) — Ultra High Performance Brushless D.C. Drive, Proc. Conference on Drives, Motors, Controls, Brighton, Oct. 1984.
- [14] Lasermann, K., Vogt, H. — Drehstrom-Vorschubantriebe. Siemens Energie & Automation Produktinformation 5 (1985) Heft 2, p. 54...56.
- [15] * * * Siemens — Vorschubantriebe. Technische Beschreibung. Dauermagnetregte Drehstrom Servomotoren IFT5. Simovort Transistorumrichter, Best. — Nr. E80230—T1—X—A2. Prospect 1984.
- [16] * * * Siemens — Feed Drives IFT5 Three-Phase Servomotors and 6SC6I SIMODRIVE Transistorized PWM Converters. Order No. E80850—G7—X—A1—7600. Prospect 1986.
- [17] * * * Bosch Servodyn: Bürstenlos, problemlos. Die Antriebstechnik für Vorschub und Hauptspindelsysteme. P. Nr. 3827/D2—3/86.

- [18] * * * Bosch Servodyn Technische Daten P.—Nr. 3866/D3—09.86.
- [19] * * * Mannesmann-Rexroth-Indramat-Wartungsfreie Drehstromservoantriebe MAC ID71102/02.85.
- [20] * * * BBC—AXODYN. Bürstenlose Servoantriebe mit Permanentmagnet-Motoren. Übersicht 1986/87. Druckschrift D AT501886aD.
- [21] Grotstollen H., Pfaff, G. — Bürstenloser Drehstrom-Servoantrieb mit Erregung durch Dauermagnete. ETZ 100 (1979) Heft 24, p. 1382—1386.
- [22] Schumacher, W., Letas, H., Leonhard, W. — Microprocessor — Controlled A.C. — Servo-Drives with Synchronous and Asynchronous Motors. Proc. International Conference on Power Electronics and Variable Speed Drives, London, May 1984, p. 233...236.
- [23] Letas, H. — Microprocessor Controlled Synchronous Servo-Drive. Proc. European Conference on Power Electronics and Applications. Brussels, Oct. 1985, p. 3.57...3.62.
- [24] Brosnan, M.F., Brown, B. (Inland, Kollmorgen) — Closed Loop Speed Control Using an A.C. Synchronous Motor. Proc. International Conference on Power Electronics and Variable-Speed Drives, London, May 1984, p. 373—376.
- [25] Lajoie-Mazenc, M., Villanueva, C., Hector, J. — Study and Implementation of Hysteresis Controlled Inverter on a Permanent Magnet Synchronous Machine. IEEE Transactions on I.A., 1985, No. 2, p. 408...413.
- [26] Weinrich, G. — Procedee de comandă a motorului sincron cu autopilotare, reprezentate pe baza diagramei fazoriale, cu referire la aplicațiile specifice mașinilor-unelte. A 10-a Sesiune Tehnico-Științifică IPA, mai 1985, B13, p. 1...9.
- [27] Stăiculescu, St., Popescu, D., Hrubaru, O. — Series of Variable Speed Drives with Permanent Magnet Brushless Synchronous Motors. Proc. International Conference on Electrical Machines and Drive Systems. Eforie Nord, Sept. 1986, B21.4.
- [28] Bruda, D., Trif, S. — Techniques and Equipments for the Brushless Synchronous Motor Control. Proc. International Conference on Electrical Machines and Drive Systems. Eforie Nord, Sept. 1986, B21.5.
- [29] Fransua, A., Danciu, Gr., Popescu, V., Bruda, D. — Performances of the D.C. Brushless Motor Operating at Voltage Saturation. Proc. International Conference on Electrical Machines and Drive Systems. Eforie Nord Sept. 1986, PA12—13—8.
- [30] * * * BBC—AXODYN Drehstrom-Hauptspindel-und Vorschubantriebe mit Asynchronmotor, 4 — Quadrantenbetrieb. Übersicht 1986/87. Druckschrift Nr. DAT 5019 86D.
- [31] Pauly, D. — Design Considerations for Induction Servomotors. Proc. International Conference on Electrical Machines, München, Sept. 1986, p. 252...255.
- [32] Schumacher, W., Leonhard, W. — Transistor — fed AC — Servo Drive with Microprocessor Control. Proc. International Power Electronic Conference, Tokyo, Apr. 1983, p. 1465...1476.
- [33] Schumacher W., Heinemann, G. — Fully Digital Control of Induction Motor as Servo Drive. Proc. International Conference on Power Electronics and Applications, Brussels, Oct. 1985, p. 2.191...2.196.
- [34] Boehringer, A., Stute, G., Ruppman, C., Vogt, G., Würslin, R. — Entwicklung eines drehzahlgesteuerten Asynchronmaschinenantriebs für Werkzeugmaschinen. wt-Z ind. Fertigung 69 (1979), p. 463...473.
- [35] Iwakane, T., Inokuchi, H., Kai, T., Hirai, J. — AC Servo Motor Drive for Precise Positioning Control. Proc. International Power Electronic Conference, Tokyo Apr. 1984, p. 1453...1464.
- [36] Stanciu, D., Gavăț, St., Tudor, V. — Wide Speed Range Induction Motor Drive with Vector Control Transistor Converter. Proc. European Conference on Power Electronics and Applications, Brussels, Oct. 1985, p. 103...106.
- [37] * * * Mannesmann-Rexroth-Indramat — Wartungsfreie Drehstrom — Hauptantriebe mit geregelten Synchronmotoren bis 10 KW Motordauerleistung ID 71602/12.85.
- [38] Lasermann, K., Steinigeweg, R.J. — Digitale Drehs-trom-Hauptspindelantriebe. Siemens Energie 8 Automation Produktinformation 5 (1985) H.2, p. 58...60.
- [39] * * * Fujitsu-Fanuc Ltd. — Fanuc A.C. Spindle Motor Series. ASP—02, 1981, 9.
- [40] Yamamura, S. — AC Motors for High — Performance Applications. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, 1986.

Ecarom 886 M. Echipament multiprocesor pentru supravegherea și conducerea proceselor tehnologice

IOAN SANDU LAZĂR*, MARIUS ȘERBĂNESCU*, ȘTEFAN COJAN*,
ELENA GAȘPAR* CONSTANTIN RĂDESCU** — BUCUREȘTI

1. Introducere

ECAROM 886M face parte din familia **ECAROM 886**, fiind primul tip realizat în cadrul acestei noi linii de calculatoare de proces. La realizarea sa au fost utilizate numai elemente de structură din Nomenclatorul Elementelor de Baza NEB 886, echipamentul fiind dedicat în principal aplicațiilor tip „supraveghere” pentru procese relativ lente.

ECAROM 886 M reprezintă o nouă familie de echipamente destinate culegerii de date, supravegherii și conducerii automate a proceselor industriale dintr-o gamă largă de aplicații din industria chimică, materiale de construcții, construcții de mașini, transporturi, energetică, electrotehnică, agricultură, învățămînt, cercetare etc.

Întreaga familie de echipamente **ECAROM 886** au la bază o colecție de elemente de structură modulară, denumită prescurtat NEB 886, caracterizată prin :

- tipologie completă acoperind categoriile hardware, software și constructive, cu largi posibilități de dezvoltare în timp pe măsura apariției de noi elemente tehnice și tehnologice ;
- înalt grad de tipizare la toate nivelele hardware, software și constructiv, bazat în principal pe sistemul tipizat MULTIPROM ;

- grad înalt de compatibilitate cu produsele dezvoltate pînă în prezent în cadrul familiei **ECAROM** de către Întreprinderea de Elemente de Automatizare (FEA) București, datorită utilizării aceleiași magistrale de proces și a acelorași elemente constructive (plachete format 2E, conectori 3x32 contacte) ;

- grad înalt de integrare cu familiile de produse **SRA, SCA** aflate în fabricație la FEA, prin utilizarea în comun de elemente de adaptare pentru conectarea la proces :

- grad înalt de compatibilitate cu produsele de pe piața mondială dezvoltate în standardul **IEEE-796**, varianta constructivă 2E (linia **MULTIBUS/INTEL** — SUA) cu conectori 3x32 contacte și plachete 233,4×160 mm, respectiv

familia **AMS-M/Siemens RFG** și **VEB — Numerik RDG** și cu produsele software dezvoltate sub sistemele de operare în timp real **RMX-80/86-INTEL/SUA**.

2. Descriere generală

În cadrul **NEB-886** sînt cuprinse în principal următoarele tipuri de elemente :

- Elementele hardware :
 - calculatoare monoplaca, unități centrale și unități aritmetice ;
 - memorii ;
 - controlere pentru echipamente periferice ;
 - interfețe pentru achiziția și transmisia semnalelor din proces ;
 - controlere pentru comunicații ;
 - elemente de adaptare a semnalelor din/spre proces ;
 - surse de alimentare.
- Elemente software :
 - sisteme de operare timp real, compatibile cu sistemele **RMX-80/86 INTEL/SUA** ;
 - bibliotecă matematică ;
 - bibliotecă programe de test ;
 - compilatoare pentru limbaje de nivel înalt (**FORTRAN, BASIC, PASCAL** etc.) ;
 - programe pentru comunicații.
- Elemente constructive :
 - plachete format 233,4×160 mm ;
 - conectori 3×32 contacte (**DIN 4162**) ;
 - sertare tipizate 19” ;
 - dulapuri tipizate din familia **SRA, SCA**.
- Elemente periferice :
 - console cu afișare pe tub catodic (alb/negru și color) ;
 - memorie externă pe discuri flexibile.

Pe baza elementelor din **NEB-886** se pot realiza diverse tipuri de echipamente **ECAROM 886**, configurația acestora depinzînd numai de cerințele fiecărei aplicații în parte.

Soluția tehnică adoptată are la baza o structură multiprocesor **MIMD/Multiple Instruction — Multiple Data**, cu prelucrare alternat paralel — secvențială, axată pe o ierarhie de trei magistrale :

- magistrala sistem (tip **AMS-M**) cu posibilitate de lucru în regim multiprocesor (maxim

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — Bucursști.

** Fabrica de Elemente de Automatizări — București

16 procesoare) și care asigură suportul pentru comunicațiile dintre procesoare și/sau dintre procesoare și resursele sistem (resurse comune, pasive);

— magistrala rezidentă, cu posibilitate de lucru cel mult în regim biprocesor și care asigură suportul pentru comunicațiile dintre un procesor și resursele proprii;

— magistrala de proces care asigură comunicarea unui procesor cu interfețele de proces, indiferent dacă acestea reprezintă resurse sistem sau proprii.

Pe baza acestora se pot realiza :

— Configurații multiprocesor **MIMD** — simetrice, care prezintă avantajul obținerii regimului de funcționare, toleranța la defecte, dezavantajele principale fiind complexitatea programelor și necesitatea diminuării sau minimizării resurselor proprii cu consecință directă în aglomerarea magistralei sistem și scăderea vitezei de răspuns;

— Configurații multiprocesor **MIMD** — asimetrice, care prezintă în principal avantajele ușurinței proiectării arhitecturii și al simplificării programelor, dar care au dezavantajul lipsei toleranței la defecte (procesoarele nu-și pot prelua reciproc sarcinile).

Menționăm că cele două tipuri de configurații prezentate, reprezintă două cazuri extreme, cazurile din practică impunând o serie de restricții (în special de natură economică) care conduc la soluții de compromis.

Adaptarea structurii cu trei tipuri de magistrale are la baza următoarele considerente :

Ierarhizarea pe trei magistrale corespunde ierarhizării prelucrării fizice a informațiilor din proces (inclusiv interfața cu operatorul), ceea ce facilitează structurarea funcțiilor la nivelul modulelor aferente fiecărui nivel i se crează în acest fel posibilitatea delimitării cu ușurință a caracteristicilor tehnico-constructive pentru fiecare modul.

Facilitează realizabilitatea fizică și testabilitatea modulelor hardware de proces, în special la nivelul producției de serie în condițiile unor restricții privind baza de componente și tehnologii disponibile, contate cu dimensiunile reduse ale plăchetei 2E (160×233,4 mm).

Asigură o protecție sporită la perturbații prin separarea fizică și ecranarea semnalelor de legătură cu procesul — nivelul 0 de semnale de pe nivelul 1 și 2 (caracterizate de frecvențe mari, nivele energetice mici și deci ușor perturbabile)

Asigură compatibilitatea modulelor de pe nivelul 0 cu cele care se utilizează în prezent la echipamentul **ECAROM 881**, fiind avantajate diversificarea tehnologiilor de fabricație, asigurarea introducerii mai rapide în fabricație, facilitează activitatea de service.

În scopul ușurării fabricării și aplicării directe de către utilizatori a echipamentelor **ECAROM 886**, livrarea acestuia se face în două moduri;

— pentru majoritatea aplicațiilor, câteva configurații standard tipizate și la cererea beneficiarului, opțiuni din **NEB-886**;

— pentru aplicații deosebite : configurații specifice de elemente din **NEB-886**, executate pe baza proiectului dat de beneficiar.

PROCES TEHNOLOGIC

Semnale electrice

Reprezintă diverse tensiuni, curenți, impulsuri etc.

Nivel 0 — Adaptare semnale : filtrări (fizice) izolări, formări etc.

— Conversii semnal/cod numeric (prelucrabil de **Uo**) și viceversa.

Semnale electrice/Cod numeric

Nivel 1 — Prelucrări primare : filtrări medieri, verificări la limite alarmări etc.

— Algoritmi de reglare și conducere de simplă și medie complexitate.
Interfața cu operatorul uman.

Semnale electrice/Cod numeric

Nivel 2 — Algoritmi de conducere evoluati
Supravegherea funcționării de ansamblu a sistemului.

— Interfața cu operatorul uman.
— Interfața cu sisteme de prelucrare superioară.

Sistem ierarhic superior/Rețea informatică

3. Structura

Prima configurație standard realizată **ECAROM 886/M** are o arhitectură biprocesor 8—16 biți care realizează următoarele funcții principale :

— achiziția și filtrarea software a 32 semnale numerice, frecvența maximă 250 ms ; numărul de intrări poate fi crescut prin adăugarea de noi module din **NEB 886** în limita locașurilor disponibile ;

— achiziția și filtrarea a 32 semnale analogice în gama 0—5 V c.c. cu clasa de explorare 1 s ; numărul de intrări analogice se poate extinde prin adăugarea de module din **NEB 886** ;

— prelucrarea primară a variabilelor analogice prin testare la limite de traductor, alarma și alarma tehnologică ;

— editare alarme ;

— afișări imagini de grup și detaliu parametru.

Suportul hardware al **ECAROM 886M** cuprinde în configurația standard următoarele elemente de structură din **NEB 886**.

— calculator mono-

placă 8 biți

MPCM 01

1 buc

— calculator mono-placă 16 biți	<i>MPCM 03</i>	1 buc
— memorie RAM CMOS biport	<i>MPMM 01</i>	1 buc
— memorii mixte RAM/EPROM	<i>MPMM 04</i>	4 buc
— memorii EPROM	<i>MPMM 06</i>	1 buc
— memorie RAM dinamic	<i>RAM AMS 256 KD</i>	1 buc
— cuplor magistrala proces	<i>EC 886 M — IP</i>	1 buc
— interfața intrări numerice	<i>EC 881 M-IN</i>	1 buc
— interfața ieșiri numerice	<i>EC 881 M-EN</i>	1 buc
— interfața ieșiri analo-gice	<i>EC 881 M-CNA</i>	1 buc
— interfața intrări analogice	<i>EC 881 M — CAN</i>	1 buc
— sursa principală	<i>EC 881 M-MS</i>	2 buc
— sursa auxiliară	<i>EC 881 M-SA</i>	2 buc
— bloc redresor	<i>EC 881 M-BA</i>	2 buc

Suportul software — are la baza sistemului de programe **RTS 886M** care cuprinde:

- sistem operare timp real **MPX 800**;
- module din biblioteca de programe standard de proces;
- module din biblioteca matematică;
- module din biblioteca de module de test.

4. Concluzii

ECAROM 886M reprezintă o nouă generație de calculatoare de proces în completarea familiei **ECAROM** dezvoltată pînă în prezent.

ECAROM 886M prezintă un înalt grad de modularitate bazat în special pe utilizarea produselor tipizate **MULTIPROM** ca de exemplu modulele; *MPCM-01*, *MPCM-03*, *MPMM-04*, *MPMM-06*. De asemenea se utilizează produse tipizate din fabricația **FEA** care corespunde din punct de vedere constructiv și standard cu cele din familia **MULTIPROM** și anu-

me: *EC881M-IP*, *EC881M-IN*, *EC881M-EN*, *EC881M-CNA*, *EC881M-CAN* etc.

Beneficiind de o putere de calcul mult sporită datorită utilizării microprocesorului 8086 și capacității de multiprocesare, **ECAROM 886M** este destinat unei game largi de aplicații de culegere de date și conducerea proceselor tehnologice din majoritatea ramurilor economiei naționale.

Se vor dezvolta noi tipuri de echipamente **ECAROM 886**, ca de exemplu **ECAROM 886/S**. Structura modulară foarte flexibilă a echipamentului **ECAROM 886/S** permite realizarea de aplicații multiple, între care se menționează: sisteme flexibile de prelucrare cu trei sisteme multiprocesate, din care unul destinat comunicațiilor în rețeaua locală informatică de tip **PROWAY-A**.

Sistemul de rețele locale de echipamente electronice de automatizare și calculatoare de proces, utilizează dispozitive inteligente de calcul cu microprocesor. Una din aplicațiile acestei rețele este reprezentată de sistemul distribuit de conducere a proceselor tehnologice **DISTRIPROM**. Calculatorul de proces **ECAROM 886/S** este prevăzut cu toate posibilitățile hardware și software pentru interconectarea atît în cadrul rețelei **DISTRIPROM**, cît și în cadrul altor rețele de calculatoare de proces pe baza magistralei **PROWAY-A**.

O altă aplicație cu mari perspective realizată cu echipamentul **ECAROM 886/S** este și Echipamentul pentru comanda sistemelor flexibile de prelucrare **ECAROM 886SFP** cu posibilități mari de aplicații în limitele memoriei realizate. Echipamentul va fi conectabil în rețelele locale concepute de fabricanții români de tehnica de calcul de tip **PROWAY-A**.

Bibliografie

- [1] * * * INTEL/MULTIBUS — INTERFACING—Ap. 28
- [2] * * * Catalog SIEMENS AMS.
- [3] * * * Catalog SIEMENS SMP.
- [4] * * * Catalog IPA — MULTIPROM.
- [5] * * * Catalog Sistem multiprocesor ierarhizat SICOMP MMC216 Siemens.
- [6] * * * Catalog MODIAC Italia.

CZ 007.52 : 621—52

ECHIPAMENTE DE COMANDĂ
ROBOȚI INDUSTRIALI

Echipamente de comandă și acționare a roboților industriali — NUMEROM 670/671

ȘTEFAN FRÜSTOK*, ALEXANDRA LITA*, RADU LAZĂR*, SORIN SERSEA*, NICOLAE DUMITRESCU,*
VLAD SÎRBU*, AUREL STÂNGU*, CONSTANTIN SAVU*, IUSTIN LAZĂR*, DANIELA SÎRBU*, MARIANA BISTRAN,*
DAN BRUDA*, MIRCEA PÂNZAR*, GHEORGHE DRĂGĂNOIU* — BUCUREȘTI
RADU MAGDA** DOINA POPOVICI** ADRIANA ALEXANDRU** — BUCUREȘTI

1. Introducere

Pe baza concepției IPA, I. Automatica a introdus în fabricație echipamentele de comandă a roboților industriali cu minicalculator inclus (echipamentele tip SICOR). Aceasta a permis realizarea primelor instalații robotizate la întreprinderile: 23 August, Aversa, Electroaparataj, Autobuzul etc.

Dezvoltarea Sistemului **MULTIPROM** a permis trecerea la elaborarea unei noi generații de echipamente de comandă a roboților industriali având structuri multiprocesor care asigură o flexibilitate și fiabilitate sporită.

2. Descriere echipament

Echipamentul **NUMEROM 670**, elaborat la IPA, asigură comanda și acționarea unor roboți industriali cu maxim 6 grade de libertate echipați cu motoare de curent continuu care pot executa traiectorii de tip punct sau continue găsindu-și diverse aplicații: alimentări de mașini-unelte, sudura continuă și sudura în puncte, manipulări diverse.

Programarea roboților în cadrul aplicației date se realizează prin învățarea punctelor succesive, prin stabilirea condițiilor tehnologice ale mișcării, prin dialog cu procesul deservit de robot precum și cu ajutorul altor facilități de programare oferite de limbajul echipamentului **NUMEROM 670**.

Programarea se face cu ajutorul unui modul de învățare, ușor manevrabil, care are elemente de semnalizare și afișare necesare dialogului om-robot. Modulul de învățare poate fi înlocuit cu un terminal standard.

Modulul de învățare este ușor de minuit, având dimensiuni de gabarit reduse. Modulul cuprinde taste pentru comenzi de deplasare manuală, taste de cifre/funcții, elemente de afișare și semnalizare, precum și un buton de **STOP AVARIE**.

Tastatura este elastică cu efect tactil, afișarea se realizează cu ajutorul a 32 de elemente de afișare alfanumerică împărțite în două rânduri a câte 16 caractere fiecare.

Programele utilizator, odată editate, sînt înregistrate în memoria **RAM-CMOS** susținută pe baterie minim 200 de ore.

Stabilirea diferitelor regimuri și moduri de lucru, precum și alte condiții de operare se realizează de la panoul operator al echipamentului, panou situat pe ușa din față a echipamentului **NUMEROM 670**, oferind condiții ergonomice de lucru.

Echipamentul asigură vizualizarea și modificarea unor parametri de mișcare în memoria **CMOS**. În regimul de învățare se poate selecta modul de lucru **PARAM**, care permite vizualizarea și modificarea unor parametri de mișcare semnificativi, cum ar fi factori de amplificare în bucla de poziție, toleranța de poziționare, poziție în punctul de sincronizare, valorile deplasărilor incrementale, valorile limitelor de cursă, distanța de neurmărire.

Echipamentul asigură facilități de autotestare la pornire, în funcționare automată, cit și în regim de test. Testabilitatea permite o siguranță sporită în funcționare prin realizarea unor teste ale echipamentului, teste de diferite grade de dificultate (nivele de testare) și efectuate în diferite faze de lucru.

Utilizînd aceleași module de baza hard și soft au fost realizate 5 variante de echipamente destinate următoarelor tipuri de roboți industriali:

- REMUS 40** — 5 grade de libertate, acționare electrică, deplasări de tip punct cu punct, pentru alimentare de mașini-unelte;
- RIS 25-40E** — 5 grade de libertate, acționare electrică, deplasări de tip punct cu punct, pentru alimentare de mașini-unelte;
- AUTOBRAV** — 6 grade de libertate, acționare electrică, deplasări de tip punct cu punct și continuu pentru aplicații de sudură continuă și de sudură prin puncte;

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

** Institutul de Tehnică de Calcul și Informatică — București.

RIP 6,3 — 5 grade de libertate, acționare electrică, deplasări de tip punct cu punct, pentru aplicații de testare robotizată a plachetelor cu circuite integrate;

MDIL — mașina de implantare automată a componentelor pe plachete, 3 grade de libertate, acționare electrică, deplasări de tip punct cu punct cu precizie ridicată.

Structura hardware a echipamentului realizată cu module din sistemul tipizat **MULTI-PROM** este organizată în jurul a trei unități centrale cu microprocesor cu 8 biți (tip I 8080) care asigură în principal următoarele funcții:

SBC 1 — comanda și monitorizarea sistemului;

— supravegherea și diagnoza sistemului;

— comanda regimurilor automate;

SBC 2 — comanda și controlul mișcărilor robotului, simultan pe toate gradele de libertate;

SBC 3 — conducerea procesului de instruire prin învățare (**TEACH-IN**);

— generarea de traiectorii (pentru sistemele care asigură deplasarea continuă pe contur);

— comanda regimului de test.

În afara modulelor procesor structura echipamentului înglobează modulele de memorie **RAM CMOS**, interfețe cu traductoare incrementale și module de ieșire analogice pentru comanda acționărilor, module de intrări/ieșiri logice, montate într-un sertar de 19".

Modulul de învățare conține 40 taste (**TOUCH**) și 32 elemente de afișare alfanumerice și comunică serial cu unitatea centrală.

Subsistemul de acționare care cuprinde 2 sertare cu module de acționare electrică, realizate cu variatoare din seria tipizată și omologată **VRM**, asociate cu bobine de filtrare corespunzătoare exploatarei în condițiile stabilite de standardele tehnice de ramură ale motoarelor **SRID** și **SRIC**. Numărul de variatoare din sertare este egal cu numărul gradelor de libertate ale robotului.

Variatoarele **VRM** sînt alimentate prin intermediul unui transformator de adaptare comun, monofazat tip **TMAK**, amplasat împreună cu bobinele de filtrare în incinta auxiliară a dulpului.

S-a realizat o variantă de echipament (**NUMEROM 671**) cu acționări de motoare de curent continuu realizate cu tranzistoare.

Sistemul de programe pentru conducerea roboților industriali este o componentă de bază a sistemului de comandă **NUMEROM 670**.

El are sarcina ca, utilizînd structura hardware de conducere de tip multiprocesor, să

asigure performanțele și facilitățile necesare pentru comanda mișcărilor robotului și pentru interacțiunea robotului cu procesorul deservit și cu operatorul uman.

La realizarea programelor de conducere în timp real s-au elaborat algoritmi specializați de calcul al valorilor rezultate din algoritmi de conducere, pentru a se obține o viteză mare de calcul necesară realizării conducerii în timp real a 6 axe în mișcare simultană.

Pentru asigurarea unui regim dinamic performant s-a ales un profil de viteze de tip parabolă, care este realizat pe fiecare axă la deplasarea între două puncte programate.

Principalele funcțiuni asigurate de sistemul de programe sînt:

— controlul și monitorizarea sistemului;

— comanda și controlul mișcărilor robotului, simultan pe toate gradele de libertate; pentru deplasări de tip punct cu punct și de conturare;

— instruirea robotului prin metoda repetării (*teach-in*), care asigură deplasarea prin comenzi manuale în punctele ce trebuie reproduse pe parcursul unui ciclu automat și memorarea coordonatelor acestora;

— editarea programelor de aplicație (programe robot) care cuprind punctele învățate, condițiile de deplasare între puncte, acționarea mecanismului de apucare sau a instrumentului mînuit, testarea unor condiții interne și externe, comenzi secvențiale, salturi în program, apelări de programe și subprograme etc.;

— interpretarea, în regim de lucru automat, a instrucțiunilor din programul robot, memorat în memoria **CMOS** și generarea comenzilor corespunzătoare;

— supravegherea și diagnoza sistemului;

— sincronizarea sistemului de măsură;

— memorarea a maximum 8 programe robot;

— posibilitatea executării a cca. 400 de puncte în regim automat;

— posibilitatea testării structurii hardware *on-line* și *off-line*.

Datorită restricțiilor deosebite de timp, impuse de asigurarea unei dinamici corespunzătoare, a fost necesară repartizarea operațiilor pe programe și lansarea în timp a acestora, utilizînd un executiv de timp real specializat care permite planificarea execuției programelor, sincronizarea între programe (**TASK-uri**), sincronizarea programelor cu ceasul de timp real.

Programarea robotului se face prin învățare. În funcție de efectul imediat asupra robotului, instrucțiunile pot fi grupate astfel:

a) Instrucțiuni pentru deplasarea efectivă a robotului.

a1. Poziționare imediată absolută punct cu punct (**PIAP**).

a2. Poziționare indirectă absolută punct cu punct (**PVAP**).

b) Instrucțiuni pentru stabilirea condițiilor de deplasare a robotului.

b1. Poziționare fină (FINE).

b2. Conturare prin puncte (CONTUR).

b3. Treaptă viteză (SPEED).

b4. Deplasare pînă la întîlnirea unui obstacol (SEARCH).

b5. Mișcare fără căutare (NOSEARCH).

e) Instrucțiuni pentru controlul execuției programului.

c1. Salt necondiționat (JUMP).

c2. Salt condiționat de stare „1” a unui indicator intern (flag) (JUMP IF FLAG ON).

c3. Salt condiționat de starea „0” a unui indicator intern (JUMP IF FLAG OFF).

c4. Salt condiționat de valoare „1” a unei intrări logice (JUMP IF INPUT ON).

c5. Salt condiționat de valoarea „0” a unei intrări logice (JUMP IF INPUT OFF).

c6. Salt condiționat de valoarea „1” a unei intrări numerice (JUMP IF NINPUT ON).

c7. Salt condiționat de valoarea „0” a unei intrări numerice (JUMP IF NINPUT OFF).

c8. Apel subrutina (CALLS).

c9. Apel program (CALLP).

c10. Revenire din subrutina (RETURN).

c11. Oprire robot (STOP).

c12. Sfîrșit program robot (END).

c13. Execuție paralelă a două secvențe pe program (PARAL).

c14. Sfîrșitul execuției paralele (NPARAL).

d) Instrucțiuni pentru lucrul cu indicatoare interne și comenzi :

d1. Setare indicatori interni (FLAG ON).

d2. Resetare indicatori interni (FLAG OFF).

d3. Comanda ieșire logică la valoarea „1” (OUTPUT ON).

d4. Comanda ieșire logică la valoarea „0” (OUTPUT OFF).

d5. Temporizare (WAIT).

d6. Comanda ieșire numerică la valoarea „1” (NOUTPUT ON).

d7. Comanda ieșire numerică la valoarea „0” (NOUTPUT OFF).

d8. Comanda dispozitivelor de apucare (GRIPPERS).

e) Instrucțiuni pentru lucrul cu variabile :

e1. Incrementare variabilă (INCRV).

e2. Decrementare variabilă (DCRV).

e3. Inițializare valoare variabilă (SETV).

e4. Testare variabilă (TESTV).

f) Instrucțiuni de memorare a pozițiilor ;

f1. Memorare imediată absolută (STIA).

f2. Memorare absolută (STA).

3. Aplicații

Echipamentele NUMEROM 670/671 au fost utilizate la o clasă de aplicații destinate automatizării și robotizării proceselor de fabricație în industria electronică și electrotehnică. Aceste

aplicații dezvoltate de IPA au caracter de nouitate absolută la noi în țară și vizează două compartimente esențiale din fluxul de fabricație al plachetelor electronice : montajul și testarea.

Echipamentul NUMEROM 670 a fost încadrat în configurația unei instalații de implantare automată a circuitelor integrate, realizată în colaborare cu Institutul Politehnic București.

Instalația este compusă din : mașina de implantare automată (MDIU) și echipament de comandă și acționare.

Principalele subansamble ale mașinii de implantat sînt masa de poziționare X, Y pe care este amplasată placheta cu circuit imprimat, capul de implantare, mecanismul de selectare a tipului de circuit integrat, magazia de circuite integrate, mecanismul de tăiere — îndoire a terminalelor.

Echipamentul NUMEROM 670 utilizat este realizat într-o variantă pentru 3 axe.

Enumerăm în continuare cîteva dintre caracteristicile tehnice principale ale instalației :

- numărul de tipuri de circuite integrate — 20
- capacitatea magaziei — $20 \times 30 = 600$ CI
- format maxim plachete — $508 \text{ mm} \times 482 \text{ mm}$
- repetabilitate globală — $0,07 \text{ mm}$
- tipuri de capsulă — T0116 cu 8—16 terminale
- productivitate — 600 CI/h.

Pentru implantarea automată capsulele circuitelor integrate ca și plachetele cu circuite imprimate trebuie să se încadreze în anumite limite tehnologice ; mai stricte decît cele impuse de implantarea manuală.

Acest aparent dezavantaj este compensat de o creștere însemnată a productivității muncii (cca 15 ori), o economie relativă de personal de aproximativ 4 muncitori, o îmbunătățire considerabilă a calității produselor ca și o reducere a consumurilor industriale de energie, cu cca 100 kWh/an.

În vederea creșterii productivității muncii la operațiile de testare automată a plachetelor electronice IPA a realizat o aplicație de testare robotizată.

Sistemul de testare robotizată este o unitate modulară, tip celulă flexibilă compusă din :

- testor automat de plachete tip THETAROM FD 5056 R, realizat la IPA Filiala Cluj-Napoca ;
- robot industrial RIP 6,3 ;
- echipament de comandă și acționare a robotului tip NUMEROM 671 ;
- masa indexabilă cu containere pentru plachete.

Sistemul poate lucra în regim complet automat cu testarea plachetelor GO-NO GO, și sortarea acestora după testare sau interactiv cu operator uman în regim de diagnoză și depanare.

Tehnologia realizată asigură față de testarea manuală următoarele performanțe:

- reducerea timpului de manipulare de cca 5 ori;
- creșterea productivității muncii la operațiile de testare de 3 la 5 ori;
- economie relativă de cca 2 persoane.

4. Concluzii

Echipamentele din seria **NUMEROM 670/671** reprezintă a doua generație de echipamente de comandă și acționare a roboților industriali și sînt realizate în structura multiprocesor cu module din seria tipizată **MULTIPROM**.

Flexibilitatea în configurare oferită de structura adoptată a permis realizarea mai multor variante destinate unor roboți industriali de diferite tipuri cu asigurarea unui raport optim preț/performanță.

Aplicarea echipamentelor **NUMEROM 670/671** la comanda roboților și a altor utilaje tehnologice va avea efecte pozitive la beneficiar prin creșterea productivității muncii și a calității produselor și prin înlocuirea omului în locuri de muncă grele.

Echipamentele **NUMEROM 670/671** au permis dezvoltarea a două tehnologii noi în fabricația de plăchete electronice: implantarea automată a componentelor și testarea robotizată, tehnologii care reprezintă verigi importante în trecerea spre o fabricație flexibilă, complet integrată în domeniul producției de echipamente electronice.

Bibliografie

- [1] * * * NUMEROM 670/671 — Standard tehnic de ramură.
- [2] * * * NUMEROM 670/671 — Manual de utilizare.
- [3] * * * SIEMENS — RCM2 — Manual de utilizare.

CZ 621.316.543 : 620.9

INVENTOR
SURSĂ DE ALIMENTARE NEÎNTRERUPTĂ

Invertoare monofazate cu tranzistoare pentru surse de alimentare neîntreruptă de mică putere

ȘTEFAN GAVĂT*, CONSTANTIN IORDACHE*, CONSTANTIN MADA*, ION NICULESCU* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Pentru consumatori vitali (calculatoare de proces, echipamente de control ale centralelor electrice, sisteme de telecomunicații) se utilizează surse de alimentare neîntreruptă (SAN).

Invertoarele sînt prevăzute să lucreze sincronizate cu rețeaua sau cu alte invertoare într-un sistem de alimentare neîntreruptă, de obicei cu redundanță.

În ultimul timp, în locul invertoarelor „fără pauză” cu tiristoare devenite clasice se impun

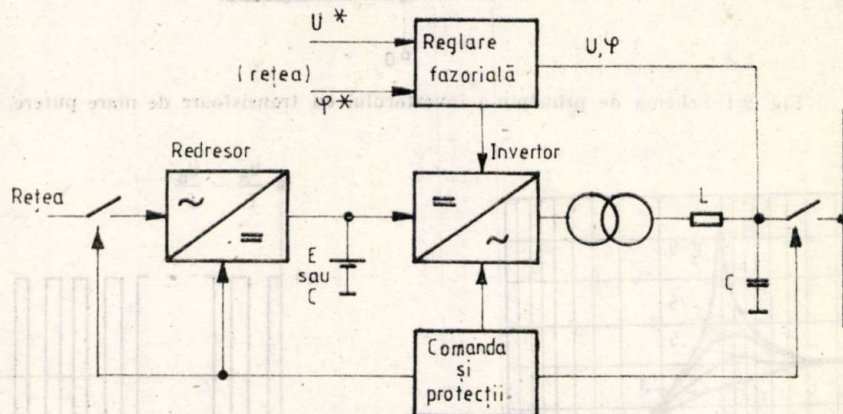


Fig. 1. Schema — bloc a sursei de alimentare neîntreruptă (SAN).

compuse din invertoare cu funcționare „fără pauză”, redresor, „în” tampon” cu bateria de acumulatori, comutatoare de transfer statice (fig. 1).

invertoarele cu dispozitive semiconductoare de putere complet comandabile, cum sînt tranzistoarele de mare putere sau tiristoarele cu stingere pe poartă (tiristoare - GTO).

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

Având în vedere că SAN sînt în general echipamente de joasă tensiune sînt preferabile tranzistoarele: calitățile de comutare sînt superioare, schemele de comandă și protecție sînt mai simple.

În lucrare se prezintă cîteva rezultate preliminare ale cercetărilor noastre în domeniul invertoarelor cu tranzistoare pentru SAN, obținute pe un model monofazat de putere redusă (cca. 5 kVA) care au avut scopul stabilirii soluției optime pentru realizarea simultană a unui factor de distorsiuni bun (sub 3%) și a unei abateri tranzitorii reduse la șocul de sarcină al tensiunii reglate (sub 10%).

2. Invertorul cu tranzistoare. Filtrul

Schema invertorului cu tranzistoare utilizat este prezentată în figura 2.1.; s-a preferat comanda prin optocuplor; filtrul de ieșire este

„trece-jos” pasiv, caracterizat prin frecvența de tăiere :

$$f_t = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (1)$$

și factorul de amortizare :

$$\xi = \frac{1}{2R_s} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (2)$$

unde R_s este rezistența de sarcină. Dacă sînt impuse R_s , f_c și ξ se pot calcula L și C . Funcția de transfer a filtrului pentru sarcină rezistivă, este :

$$G(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_t^2}\right)^2 + \left(\frac{2\xi\omega}{\omega_t}\right)^2}} \quad (3)$$

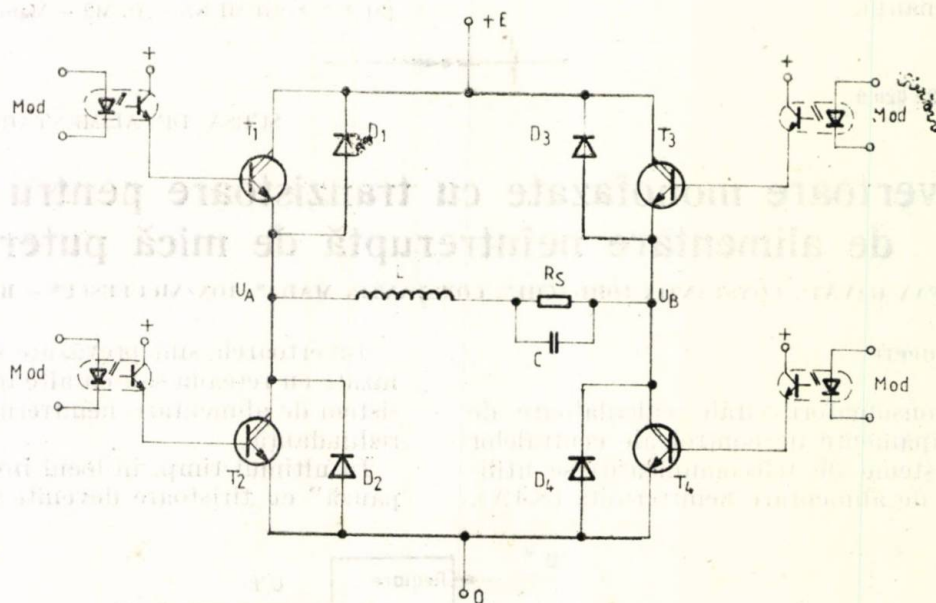


Fig. 2.1. Schema de principiu a invertorului cu tranzistoare de mare putere.

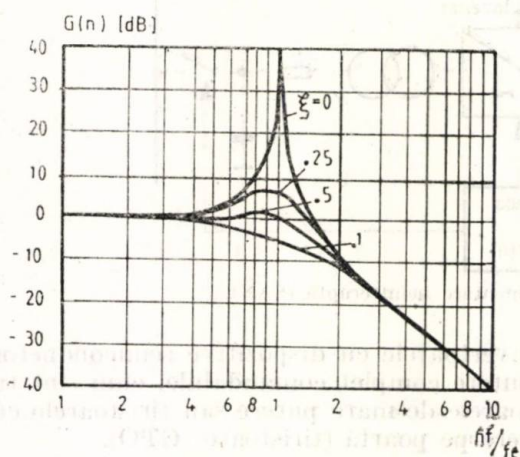


Fig. 2.2. Caracteristica de frecvență a filtrului „trece-jos” L , C de la ieșirea invertorului.

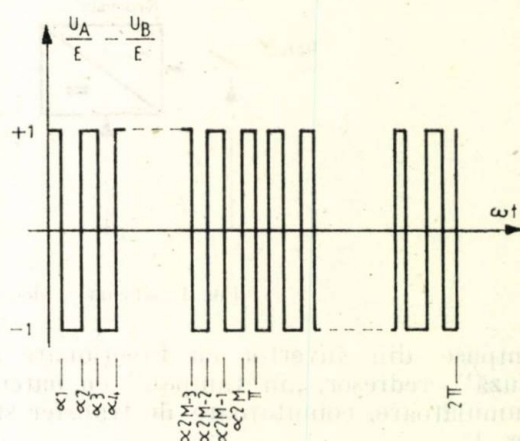


Fig. 3.1. Forma de undă a tensiunii invertorului cu comandă simetrică și „amprentă” de comutare fixă.

unde $\omega = n\omega_m$, n fiind ordinul armonicii iar ω_m pulsația fundamentală. Caracteristica de frecvență este dată în figura 2.2.; este rezonabil să se aleagă frecvența f_i corespunzătoare unei armonici pare, care de regulă lipsește din spectrul semnalului de intrare în filtru iar amplificarea acestuia în gol ($\xi = 0$) poate deveni importantă.

3. Modularea sinusoidală în durată (PWM) cu „amprentă” fixă

Modularea cu amprentă de comutare fixă (Switching pattern) este în prezent cea mai folosită, cu multiplele ei variante. Dacă se adoptă o schemă de comandă simetrică a inverterului cu tranzistoare, forma de undă la ieșirea inverterului cu tranzistoare, la intrarea în filtru trece-jos este de forma din figura 3.1.

Dacă „amprenta” respectă simetriile față de $T/2$ și $T/4$, avînd :

$$0 < \alpha_1 < \alpha_2 \dots < \alpha_M < \frac{\pi}{2}, \quad (4)$$

unde α_k sînt unghiurile de comutare, seria Fourier corespunzătoare nu conține decît termenii sinus ai armonicilor impare iar amplitudinile acestora sînt :

$$A_n = \frac{4E}{n\pi} \left(1 + 2 \sum_{K=1}^M (-1)^K \cos(n\alpha_K) \right). \quad (5)$$

Dacă se impun restricții pentru α_K , în scopul eliminării armonicilor, se pot stabili $M-1$ ecuații de forma :

$$A_i(\alpha_K) = 0; \quad i > 1. \quad (6)$$

Pe de altă parte, fundamentală este de forma :

$$A_1 = \frac{4E}{\pi} \left(1 - 2 \sum_{K=1}^M \cos \alpha_K \right) \quad (7)$$

și ecuațiile (6) și (7) determină setul unic α_K ; dacă A_1 variază se obține un set de relații de adaptare :

$$\alpha_K = f(A_1) \text{ pentru } A_{1\min} \leq A_1 \leq A_{1\max} \quad (8)$$

necesare pentru minimizarea armonicilor respective în timp ce A_1 variază.

Este clasică utilizarea relațiilor (6) pentru eliminarea armonicilor 3 și 5 iar în [1] se prezintă un algoritm de calcul pentru minimizarea armonicilor pentru $M=8$. Pentru comparație s-au calculat amplitudinile armonicilor cu relația (7), presupunînd filtrul trece-jos tip prezentat mai sus, factorul de distorsiuni calculat $\delta \approx 3,17\%$ fiind destul de bun. Acest gen de soluții cu amprentă fixă programabilă pot fi aplicate cu destulă ușurință (inclusiv relațiile de adaptare) prin implementarea pe microcalculator [2], [3].

În cadrul lucrării, la capitolul „amprentă” fixă programabilă, s-a mai analizat varianta cu comandă cu circuit LSI specializat [4] **HEF 4752** — Philips, ridicîndu-se „amprenta” de comutare pentru grad maxim de modulare, și $f_c/f_m = 42$; s-au calculat amplitudinile armonicilor cu relația (5), factorul de distorsiuni calculat, pentru filtrul tip, rezultînd $\alpha \approx 4,65\%$, în special pe seama armonicilor 3 și 5.

O categorie importantă de variante de modulare în durată se bazează pe comparația simplă a unei sinusoidale de frecvență dorită f_m cu o

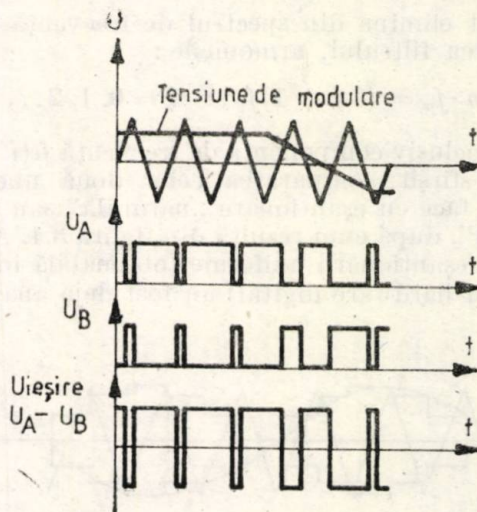


Fig. 3.2. Forme de undă la inverterul cu comandă simetrică

undă triunghiulară de frecvență $f_c < f_m$ (schema de comandă simetrică, fig. 3.2.) sau pe comparația dublă a aceluiași unde (schema de comandă asimetrică, fig. 3.3). Dacă pentru comanda simetrică este valabilă relația (5), pentru

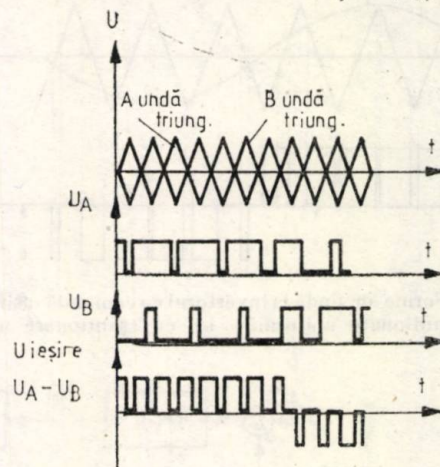


Fig. 3.3. Forme de undă la inverterul cu comandă asimetrică.

comanda asimetrică, amplitudinile armonicilor se determină cu relația :

$$A'_n = \frac{4E}{n\pi} \left[1 + 2 \sum_{K=1}^M (-1)^K \cos(n\alpha_K) \right] \cos n \frac{\varphi}{2} \quad (9)$$

unde φ este în fond defazajul între comenzile tranzistoarelor din cele două brațe ale punții invertorului cu tranzistoare. Evident, pentru $\varphi = 0$ se revine la comanda simetrică. Avantajele comenzii asimetrice au fost deja demonstrate în [5], [6], și de altfel aceste scheme se utilizează la convertizoarele de c.c. pentru acționări electrice. În ceea ce privește conținutul de armonici, se observă că pentru :

$$\varphi = \pi \cdot \frac{f_m}{f_c} \quad (10)$$

se pot elimina din spectrul de frecvență de la intrarea filtrului, armonicile :

$$n \cdot f_m = (2i + 1)f_c; \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

deci inclusiv componenta de frecvență f_c ($i = 0$).

În sfârșit, compararea celor două unde se poate face cu eșantionare „naturală” sau „uniformă”, după cum rezultă din figura 3.4. Avantajele eșantionării uniforme (obtenabilă în special cu hardware digital) au fost deja analizate

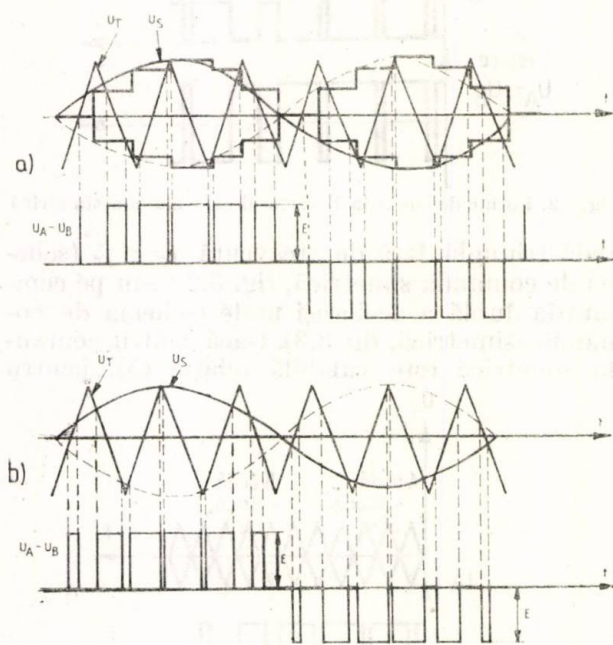


Fig. 3.4. Forme de undă la invertorul cu comandă asimetrică : a) cu eșantionare uniformă; b) cu eșantionare naturală.

în [7] și ele sînt importante chiar pentru f_c/f_m neîntreg : eliminarea subarmonicilor și reducerea (filtrarea) unor supraarmonici pentru rapoarte $f_c/f_m > 2$ în timp ce pentru eșantionarea naturală este necesar un raport $f_c/f_m > 10$ pentru un efect comparabil.

Factorul de distorsiuni, calculat pe baza relației (5) pentru un invertor cu amprentă fixă și eșantionare uniformă, comandat simetric este $\delta \approx 2,4\%$.

4. Reglarea fazorială a tensiunii de ieșire a invertorului

După cum se poate observa din figura 4.1. schema principală de reglare a tensiunii de ieșire a invertorului este de fapt o schemă de reglare fazorială, deoarece fazorul tensiunii de ieșire este controlat în amplitudine și fază cu două bucle independente, organul de execuție fiind același : modulatorul (Mod) și invertorul cu tranzistoare (INV); sistemul de măsură a fazorului de tensiune este alcătuit din traductoare de amplitudine (TU) respectiv de fază ($T\varphi$).

Spre deosebire de schemele de reglare fazorială întâlnite în acționările de c.a. [8], scopul controlului în fază al tensiunii invertorului este funcționarea sincronizată a invertorului cu rețeaua industrială sau locală, generată de un sistem de invertoare cuplate în paralel la aceleași bare.

S-au luat în considerare mai multe scheme de reglare fazorială a tensiunii, aplicînd principiul general prezentat mai sus ; astfel, în figura 4.2. se prezintă varianta cu circuit LSI specializat HEF 4752, unde pentru adaptare sînt necesare convertoare tensiune-frecvență în ambele bucle ; traductorul de valoare de vîrf se realizează prin eșantionare și reținere o semiperioadă $T_m/2$, în scopul evitării filtrării care înrăutățește mult dinamica. În figura 4.3. se prezintă schema-bloc de reglare fazorială, în varianta cu modulare cu eșantionare uniformă (sincronizarea generatorului de undă modulator sinusoidală (GS) respectiv purtătoare triunghiulară (GT) cu semnalul comandă generat în bucla de fază); și în acest caz se măsoară valoarea de vîrf a tensiunii prin eșantionare și reținere.

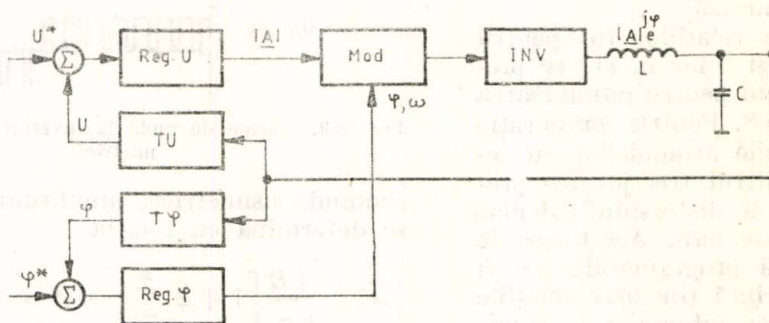


Fig. 4.1. Schema — bloc a reglării fazoriale a tensiunii de ieșire a invertorului pentru SAN.

În figura 4.4. se prezintă o variantă a schemei din figura 4.3, caracterizată prin prezența unei bucle interne de reglare a valorii instantanee a tensiunii [5] care în principiu realizează îmbunătățirea factorului de distorsiune independent de caracterul sarcinii, fie ea și neliniară [9], asigurând în același timp eliminarea rapidă a perturbațiilor, de exemplu de sarcină.

Bucula de reglare a valorii instantanee a tensiunii pune câteva probleme speciale: dacă reacția se închide prin transformator de măsură,

nu este posibil ca regulatorul Reg. U_i să prezinte un caracter integral, performanțele pentru regim staționar, rămânând în sarcina buclei externe; de asemenea acordarea regulatorului REG. U_i este relativ complicată: după cum s-a menționat în capitolul 2, amplificarea filtrului LC crește mult în gol ($\zeta = 0$), deci funcția de transfer a regulatorului se alege în așa fel încît să se evite efectele negative ale acestei creșteri [6].

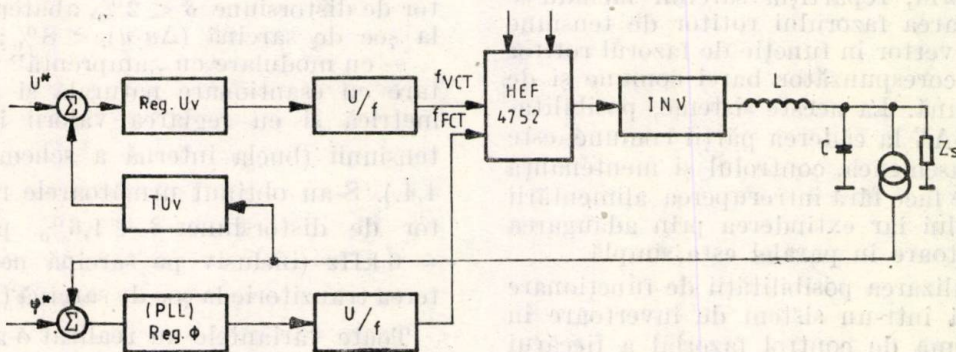


Fig. 4.2. Schema — bloc a reglării fazoriale de tensiune cu circuit LSI specializat (HEF 4752 Philips) și măsura valorii de vîrf a tensiunii.

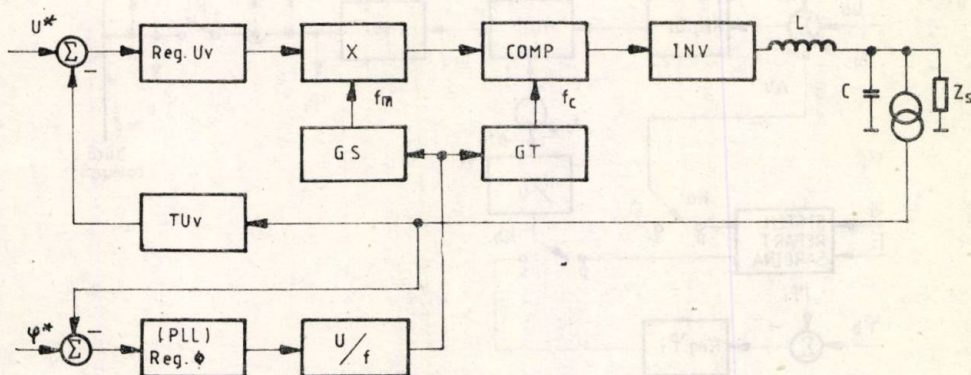


Fig. 4.3. Schema — bloc a reglării fazoriale de tensiune cu eșantionare uniformă și măsura valorii de vîrf a tensiunii.

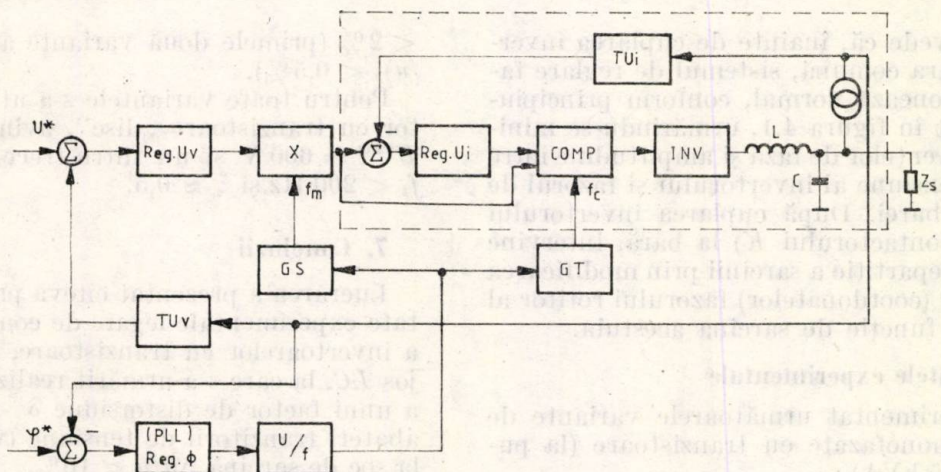


Fig. 4.4. Schema — bloc a reglării fazoriale de tensiune cu buclă internă de reglare a valorii instantanee și buclă externă a valorii de vîrf a tensiunii.

5. Funcționarea în paralel a invertoarelor

Pentru realizarea puterii și a redundanței apare necesitatea funcționării în paralel a invertoarelor cu tranzistoare. În schemele convenționale aceasta se realizează prin păstrarea unei părți comune, conținând în primul rând generatorul de tact „master”, dar la sistemele noi [10] se asigură o funcționare complet independentă a invertoarelor, prevăzute fiecare cu generator de tact propriu și sistem de reglare fazorial propriu, repartitia sarcinii făcându-se prin modificarea fazorului rotitor de tensiune al fiecărui inverter în funcție de fazorul rotitor de tensiune corespunzător barei comune și de sarcina comună. La aceste sisteme, posibilitatea căderii SAN la căderea părții comune este exclusă; de asemenea, controlul și mentenanța SAN se poate face fără întreruperea alimentării consumatorului iar extinderea prin adăugarea de noi invertoare în paralel este simplă.

Pentru realizarea posibilității de funcționare independentă într-un sistem de invertoare în paralel, schema de control fazorial a fiecărui inverter trebuie modificată ca în figura 5.1.

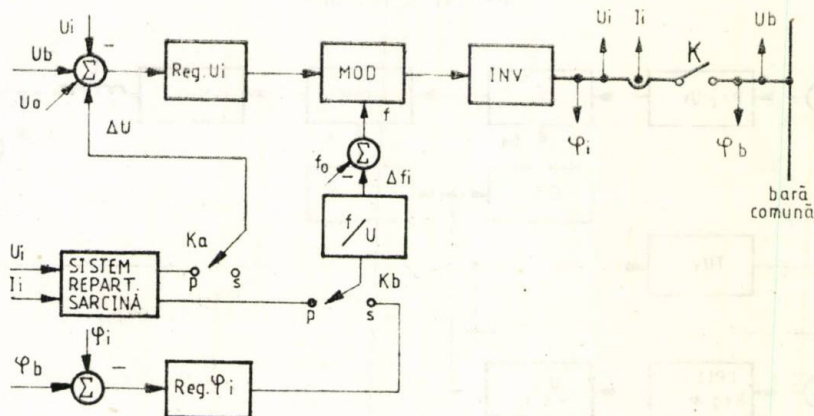


Fig. 5.1. Sistemul de control fazorial al tensiunii inversorului pentru funcționare independentă în paralel (p — paralel, s — sincronizare). Comutatoarele K_a , K_b lucrează simultan cu întrerupătorul de forță K .

din care se vede că, înainte de cuplarea inversorului la bara comună, sistemul de reglare fazorial funcționează normal, conform principiului prezentat în figura 4.1, urmărindu-se minimizarea diferențelor de fază și amplitudine între fazorul de tensiune al inversorului și fazorul de tensiune al barei. După cuplarea inversorului (închiderea contactorului K) la bară, intervine sistemul de repartitie a sarcinii prin modificarea parametrilor (coordonatelor) fazorului rotitor al inversorului funcție de sarcina acestuia.

6. Rezultatele experimentale

S-au experimentat următoarele variante de invertoare monofazate cu tranzistoare (la putere pînă la 5 kVA):

— cu modulare cu amprentă fixă de comutare cu circuit specializat LSI (HEF 4752-Phi-

lips) și reglarea valorii de vîrf a tensiunii (în conformitate cu principiile prezentate în figura 4.2). S-au obținut următoarele rezultate: factor de distorsiune $\delta < 3\%$, abaterea tranzitorie maximă a valorii de vîrf a tensiunii la șoc de sarcină $(\Delta u/u)_t < 15\%$;

— cu modulare cu „amprentă” fixă de comutare cu eșantionare uniformă, comandă asimetrică și reglarea valorii de vîrf a tensiunii (în conformitate cu principiile prezentate în figura 4.3). S-au obținut următoarele rezultate: factor de distorsiune $\delta < 2\%$, abaterea tranzitorie la șoc de sarcină $(\Delta u/u)_t < 8\%$;

— cu modulare cu „amprentă” fixă de comutare cu eșantionare naturală și comandă asimetrică și cu reglarea valorii instantanee a tensiunii (bucă internă a schemei din figura 4.4.). S-au obținut următoarele rezultate: factor de distorsiune $\delta < 1,6\%$ pentru $2f_c = 6 \text{ kHz}$ (inclusiv pe sarcină neliniară), abaterea tranzitorie la șoc de sarcină $(\Delta u/u)_t < 5\%$.

Toate variantele au realizat o abatere a tensiunii cu sarcina în regim staționar $(\Delta u/u)_s < 2\%$.

(primele două variante au realizat $(\Delta u/u)_s < 0,5\%$).

Pentru toate variantele s-a utilizat un inverter cu tranzistoare „disc”, avînd $I_{CM} < 125 \text{ A}$, $U_{CEO} = 600 \text{ V}$ și un filtru trece-jos LC , avînd $f_t < 200 \text{ Hz}$ și $\xi \approx 0,5$.

7. Concluzii

Lucrarea a prezentat cîteva principii și rezultate experimentale legate de comanda optimă a invertoarelor cu tranzistoare, cu filtru trece-jos LC , la care s-a urmărit realizarea simultană a unui factor de distorsiune $\delta < 3\%$ și a unei abateri tranzitorii de tensiune (valoare de vîrf) la șoc de sarcină $\Delta u/u < 10\%$.

Au rezultat ca avantajoase variantele de comandă asimetrice, cu eșantionare uniformă și

cea cu buclă de reglare a valorii instantanee de tensiune.

Sînt în curs cercetări legate de schemele de invertore cu „amprentă” de comutare liberă și urmează să se definitiveze un sistem optimal de repartitie a sarcinii la mersul în paralel redundant al invertoarelor cu funcționare independentă.

Bibliografie

- [1] Turgay, M., Denkar, A. — Implementation of a microprocessor based technique for output filter optimization in UPS systems — Int. Conf. on Power Electronics and Variable — speed Drives, 1—4 May, 1984, Londra.
- [2] Buja, G., Fiorini, P. — Microcomputer control of PWM inverters — IEE Transactions on Industrial Electronics, vol. II, 29, No. 3, August 1982.
- [3] Benvenuto, F., Di Tomaso, C., Fiore Donati, L., Sbragia, D., Valcada, A. — Digital control system for UPS — IFAC Symposium, 1977.
- [4] Hampson, L. — PWM uninterruptible power supplies — Electronic Components and Applications vol. 4, No. 2, February 1982.

- [5] Rothwell, E.A. — The use of microprocessors and power transistors in modern UPS — Int. conf. on Power Electronics and Variable — speed Drives, 1—4 May, 1984 (Londra).
- [6] Undeland, T.M., Jensen, S.N. — Power transistor converter with new fast response regulator, IFAC Conference, 1974, Düsseldorf.
- [7] Jayne, M.G., Bowes, S.R., Bird, B.M. — Developments in sinusoidal PWM inverters-IFAC Symposium, 1977.
- [8] Gavril, St., Stanciu, D., Tudor, V. — Acționări în curent alternativ cu motoare asincrone comandate prin convertizoare de frecvență cu tranzistoare de putere, în scheme cu reglare fazorială. Simpozionul de mașini electrice asociate cu convertoare statice, SIMECS '83, 18—19 Nov. 1983, București.
- [9] Clewing, M., Engel, M. — Wechselrichter freigepulst — Elektrische Energie-technik, 31, 1986, Nr. 2.
- [10] Kawabata, T., Doi, S., Morikawa, T., Nakamura, T., Shigenobu, M. — Large capacity parallel redundant transistor UPS — Int. Power Electronics Conference, Tokyo, 27—31 March, 1983.

CZ 621.316.54 : 621.316.2

REȚELE LOCALE PROWAY

Rețele locale pentru sisteme de conducere a proceselor tehnologice

MARCEL SÎRBU*, ȘTEFAN DUMITRESCU*, MARIN NEAMȚU*, CORNEL STERIAN*, MIRCEA GÂRD* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Preocupările în ceea ce privește rețelele locale de calculatoare (LAN) destinate sistemelor complexe de automatizare continue și discontinue și sistemelor informatice, existente la nivel mondial se grupează în două direcții principale :

— prima direcție se ocupă de aplicarea noilor rezultate în domeniul tehnologiei componentelor specifice (LAN) ;

— a doua direcție se ocupă de elaborarea de noi metode de acces, topologie și arhitectură, parametri și caracteristici.

La prima grupă se elaborează baza de componente ; controlere de rețea pentru cable coaxiale, fibre optice, accesorii de rețea locală, conectori electrice și optici, noi cable coaxiale și fibre optice.

În a doua grupă, preocupările sînt legate de noi standarde pe baza metodelor de acces la rețea și de configurații de arhitectură specifică domeniului de aplicație, trecerea spre sisteme integrate de conducere prin calculator a producției (CIM). În prezent, la nivel mondial, în domeniul componentelor s-au obținut rezultate remarcabile. Se produc controlere integrate de ex : Ethernet, token passing, cipuri de modemuri integrate pentru cable coaxiale și fibre optice, conectoare T pentru cable coaxiale speciale și fibre optice, cable coaxiale cu ecrane multiple și fibre optice și componente optoelectronice fiabile pentru parametrii ceruți de rețelele locale.

În ceea ce privește standardizarea, principalele standarde care se iau în discuție pentru domeniul sistemelor de automatizări complexe sînt :

- IEEE 802.3. Ethernet
- IEEE 802.4. token passing
- IEEE 802.5. token-ring.

Sînt standardizate : protocoalele bazate pe modulul pentru comunicație ale sistemelor deschise „OSI” (Open Systems Interconnection) de ISO, Proway — A de către CEI. Este în curs de standardizare și Proway-C.

Pe plan mondial, este de asemenea utilizat protocolul MAP (2) (Manufacturing Automation Protocol) care este bazat pe standardul ISO cu cele 7 nivele (fizic, legătura date, rețea, transport, sesiune, prezentare, aplicație) și standardul IEEE 802.4.

În tabelul 1 este dată comparația între sistemele realizate la nivel mondial pe baza standardelor existente.

Rezultatele obținute sînt dependente de tehnologia utilizată.

Siemens are controler Ethernet compatibil AMS de 10 Mbit/s realizat cu μP 80186 cu coprocesor Ethernet SAB 82586 și modem integrat 82501, cu dezavantajul utilizării protocolului care este pentru distanțe scurte : în schimb, controlerul este mai facil de integrat. General Motors utilizează controlerul Motorola MC 68824 și modemul MC 68184.

Donner Systron, Top Net — Austria, folosește controlere integrate.

Țările socialiste, RPP, URSS, utilizează controlere (comparabile AMS) cu microprocesoare de uz larg și modemuri cu circuite integrate.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

Tabelul 1

Tabel comparativ

Sistem	Nr. echipament	Protocol comunicații utilizat	Viteză	Mediu fizic	Distanță max.	Obs.
IPA—LAN— et. I. et. II.	100 256—1024	PROWAY-A PROWAY-C	1 Mbit/s 10 Mbit/s	coax. coax. f.o.	2 km 0,5—3 km	
Opennet-Siemens M.A.P.— General Motors Codenet	100 256—1024	Ethernet M.A.P.	10 Mbit/s 10 Mbit/s	coax.	500 m 0,5—3 km	
Systron Donner Ltd. Toshiba Cosmonet-Loop Matsushita Conrm. Top-Net-Austria Inteldigit-RPP	32 127 nestandardizat 30 token ring	Ethernet	10 Mbit/s 32 Mbit/s 8 Mbit/s	optic optic optic	500 m 1000 m 3 km	
	123 token ring 100 PROWAY-A		6,1 Mbit/s 1, Mbit/s	optic cablu	2 km	
URSS	100 PROWAY-A		0,5 Mbit/s	coax. cablu coax	2 km 2 km	

2. Descrierea rețelei locale IPA

Având în vedere că în Centrala Industrială de Echipamente de Automatizare s-a generalizat familia unificată de module hardware, software și constructiv, **MULTIPROM**, rețeaua locală **IPA—LAN** este concepută să satisfacă toate cerințele interconectării echipamentelor (calculatoare de proces de 8 și 16 biți din seria **ECAROM 886**), regulatoare tip **RM 16**, consolă **DISTRIPROM**, echipamente din seria **TELE-ROM** echipamente **CNC**, automate programabile, echipamente terminale tip **SIDEF** (8/16 biți).

Totodată, rețeaua **IPA—LAN** este o rețea deschisă și se poate interconecta prin cuploare intermagistrale cu alte tipuri de magistrale de exemplu **SDC—2050** produs de Întreprinderea Automatica.

La elaborarea rețelei locale IPA a fost luată în considerare compatibilizarea cu realizările din țările socialiste, menținerea nivelului mondial, parametrii performanță-cost, față de sistemele anterioare, realizabilitatea rețelei cu componente din țară și pe relația CTS.

De asemenea, s-a ținut cont ca implementarea nivelelor 3, 4, 5, 6, 7, să se efectueze utilizându-se pe cât posibil pachete de program compatibile cu firma **INTEL-SUA**.

Rețeaua **IPA-LAN** — implementează protocolul **Proway-A**.

În vederea realizării rețelei, fiecărui echipament din seria **Multiprom** i se adaugă controlerul de rețea — Interfața Standard **Proway-A** (caracteristicile se dau în anexă).

În ceea ce privește mediul fizic, IPA a ales cablul coaxial în primul rînd și fibra optică pentru un număr limitat de echipamente, datorită atenuării mari a conectoarelor în *T*.

Pentru magistrală cu cablu coaxial, s-a ales varianta 30 db 100 echipamente în etapa I și

80 db-256 echipamente în etapa a II-a ținînd cont de limitările tehnologice în realizarea cuploarelor de cablu coaxial.

În ceea ce privește cablul optic, avîndu-se în vedere că atenuarea unui conector *T* este 4 db direct și 12 în db derivație :

$$B = 28 \text{ db} = \sum_i adi + \sum_j aj$$

unde *B* este bugetul de putere optică

adi — atenuarea directă a conectorilor optici

aj — atenuarea în derivație a conectorilor rezultă că pot fi utilizați maximum 4 conectori optici în *T*.

Soluția este utilizată la nivel mondial [5] în această formă adică mixat mediul fizic cablu cu fibră optică.

Bugetul de atenuare optică este asigurat de **LED** și nu de diodă laser datorită **MTBF** sub limita admisă (5 000 ore).

Protocolul **Proway -A** utilizează metoda de acces token bus.

Schematic, implementarea nivelelor *OSI* arată astfel :

Nivel		
7	Aplicație	
6	Prezentare	
5	Sesiune	
4	Transport	
3	Rețea	802.4 — token
2	Linie date	802.4 — Manchester
1	FIZIC	

Pînă în prezent, sînt elaborate nivelele 1 și 2, celelalte fiind în curs de elaborare.

Se încearcă compatibilizarea nivelelor 3—4 cu pachetul **INA 960 INTEL**, iar nivelele 5—6

—7 cînd există să fie compatibile cu **MS-DOS**, **MS-NET** şi **BIOS**.

Faţă de **MAP**, diferă parţial nivelul 2.

Pe parcursul elaborării software se va încerca o cît mai mare apropiere de **MAP**.

Este de asemenea în curs de elaborare interfaţa de comunicaţii pe fibre optice care poate să lucreze pînă la 10 Mbit/s pe distanţa de 1 km.

Totodată sînt în elaborare conectorii tip *T* necesari pentru interconectarea echipamentelor la fibra optică.

3. Descriere funcţională

SCHEMA-BLOC

Schema-bloc a modului **MPTT-01** este prezentată în figura 1.

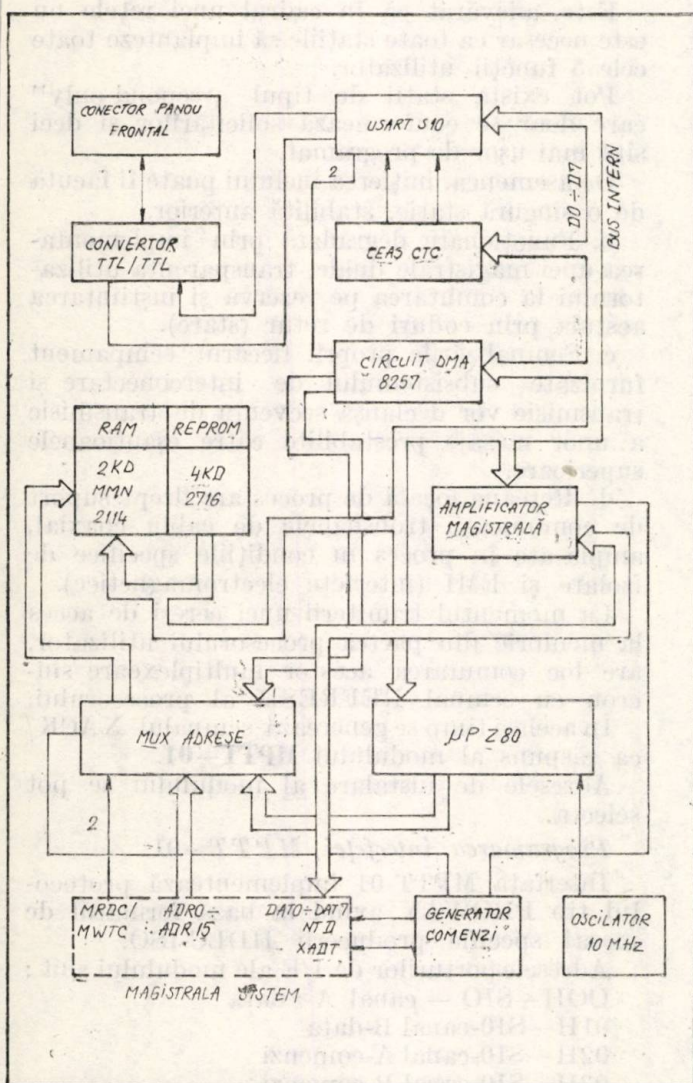


Fig. 1. Schema - bloc a modului **MPTT-01**.

BLOCURI FUNCȚIONALE

Modulul **MPTT-01/1** este format din următoarele blocuri funcționale:

— interfața cu magistrala **MULTIPROM**

- procesor
- memorie
- USART + CTC
- interfața cu modemul **MPTT-01/2**

Interfața cu magistrala **MULTIPROM**

Magistrala de date se interfațează pe *D0...D7* prin intermediul circuitelor 18226. Comanda acestora este asigurată de semnalele MRDC/citire, respectiv SYS/în obținerea accesului (în perioadele REFRESH ale procesorului local). Adresele se multiplexează cu ajutorul multiplexoarelor tip 74LS257. Totodată sînt multiplexate și comenzile de citire/scriere ale memoriei.

Selectarea memoriei se realizează din decodificarea ADR11/ADR19 Standard selecția plăcii se realizează la adresa 3800H.

Procesorul

Procesorul local este de tipul Z80 la frecvența ceasului de 2,5 MHz (prin divizarea cu ajutorul a doi bistabili a oscilatorului de 10 MHz). Semnalul „f” reprezintă 12/8 MHz și poate fi generat din exterior de placeta **MPTT-01/2**.

Procesorul se poate inițializa prin INIT/.

Memoria

Memoria modului **MPTT-01** conține 2 ko RAM tip 2114 în spațiul de adresă 3000H-3800H și 4 ko REPR0M tip 2716 la adresele 0-0FFFH. În aceste memorii se depune codul programului protocol IEC PROWAY.

Memoria RAM poate fi adresată din exterior (ca 2 ko memorie începînd de la adresa 00800H). Semnalul XACK/ este generat prin bistabil de tip „D”. Accesul la memoria locală se poate realiza numai în perioada „REFRESH” a procesului XACK/.

USART + CTC

Circuitul serial SIO este utilizat pentru emisia/recepția datelor cu ajutorul modemului **MPTT-01/2** (canalul A). Canalul serial B este utilizat în scopuri de depanare.

Emisia/recepția pe canalul A se realizează sincron, HDLC prin sincronizarea procesorului (WAIT) cu ajutorul ieșirii RDYA/iar canalul B emisia/ recepția se realizează sincron la 1200 Bps.

Circuitul CTC asigură generarea vitezei de 16×1200 Hz preia pe intrarea TRG1 indicația de lipsă trafic în magistrala coaxială (prin „căderea” monostabilului reanclanșabil tip 74123) precum și posibilitatea sesizării a două semnalizări exterioare aduse pe linii INTO/ și INTI/ din magistrala locală (X2).

Circuitele SIO+CTC lucrează prin sistemul de întreruperi locale (vectorizat).

Modulul **MPTT-01** generează o întrerupere către utilizator pe nivelele INTO/ INIT7/ la alegere prin strapare.

Adresa modului este transmisă prin interfața software cu utilizatorul.

Interfața cu modemul MPTT-01/2

Această interfață este asigurată de semnale :

- 103 A — linie date
- 104 A — recepție date
- 105 A — creare de emisie
- 109 A — detecție purtătoare
- 113 A — ceas de emisie inversat
- 114 A — ceas emisie
- 115 A — ceas recepție

Aceste semnale au nivele TTL.

PROGRAMARE

Programarea modului MPTT-01 se referă la :

- monitor serial pentru testare la PIF :
- program intern protocol de comunicație IEC-PROWAY-A.

Protocolul de comunicație conține 2 părți :

- interfața software cu utilizatorul ;
- protocolul propriu-zis.

Sarcinile subsistemului de interconectare și transmisiei software

Acest subsistem va asigura :

- a) servicii utilizator ;
- b) funcționare degradată a sistemului prin redundanța duală ;
- c) gestionarea semnalizărilor de eroare globală (fizică a fiecărui echipament) ;
- d) realizarea și implementarea rețelei locale de proces.

Metoda „Token” de acces la magistrală

a. Se utilizează un baton (Token) care reprezintă de fapt o structură de cadru. Stația care primește acest „baton” se află deci în posesia lui și are control momentan asupra mediului. După efectuarea operațiilor dorite, ea transmite batonul la stația succesoare ș.a.m. Se formează astfel un inel logic, modul de conectare fizică nu are nici o legătură cu ordinea în inelul logic al stațiilor.

Ca urmare, operațiile unei stații constau în 2 faze :

- faza de transfer al datelor ;
- faza de trecere a batonului ;

Prima fază nu comportă probleme deosebite, ea având loc în momentul când o stație se află în posesia batonului și poate deci iniția în transfer.

Cea de a doua fază nu prezintă de asemenea nimic deosebit, în momentul când s-a stabilit inelul logic și nu există condiții de eroare.

Problemele esențiale și dificile sînt în cadrul fazei a II-a :

- stabilirea inelului logic (la inițializarea sau în cazul unei erori catastrofale).
- gestiunea inelului logic (permisiunea acordată altor stații de a întrerupe celelalte stații ale rețelei. Această gestiune mai are în plus funcțiile :
- recuperare baton (dacă acesta din motive de eroare nu mai circulă) ;

— eliminarea batoanelor multiple (deci apariția de batoane din cauza faptului că mai multe stații consideră că posedă batonul și transmit data pe magistrală).

Deoarece mediul este distribuit și fiecare stație emite toate semnalele transmise de stație care și-a încheiat lucrul și a trimis batonul succesoarei sale este dator să execute o serie de proceduri de recuperare în momentul în care constată că lipsesc tranzițiile de pe linie, deși batonul trimis de ea ar fi trebuit să activeze o altă stație. Aceasta cu atât mai mult cu cât nu există un master, care, în faza de dezorganizare a traficului pe linie, să resezte toate stațiile și să refacă rețeaua logică.

Complexitatea acestor acțiuni necesită implementarea lor prin soft. Cu atât mai mult se impune soluția unei interfețe cu microprocesor.

Este adevărat că în cadrul unei rețele nu este necesar ca toate stațiile să implanteze toate cele 5 funcții utilizator.

Pot exista stații de tipul „respond-only” care doar se conformează solicitărilor și deci sînt mai ușor de programat.

De asemenea, inițierea inelului poate fi făcută de o singură stație, stabilită anterior.

b. Funcționare degradată prin implementarea unei magistrale duale, transparența utilizatorului la comutarea pe rezervă și înștiințarea acestuia prin coduri de retur (stare).

c. Semnalizările proprii fiecărui echipament furnizate subsistemului de interconectare și transmisie vor declanșa secvența de transmisie a unor mesaje prestabilite către eșantioanele superioare.

d. Rețeaua locală de proces are drept suport de comunicații tronsoanele de cablu coaxial, amplasate în proces în condițiile specifice de izolare și EMI (interfețe electromagnetice).

La momentul trimiterii unei cereri de acces la memorie din partea procesorului utilizator, are loc comutarea acestor multiplexoare sincron cu semnal REFRESH al procesorului.

În același timp se generează semnalul XACK / ca răspuns al modului MPTT-01.

Adresele de instalare al modului se pot selecta.

Programarea interfeței MPTT-01

Interfața MPTT-01 implementează protocolul tip PROWAY avînd la bază formatul de mesaj specific producerii HDLC-ISO.

Adresele porturilor de I/E ale modului sînt :

- OOH—SIO — canal A—data
- 01H—SIO—canal B—data
- 02H—SIO—canal A—comenzi
- 03H—SIO—canal B—comenzi
- 04H—SIO—canal 0
- 05H—SIO—canal 1
- 06H—SIO—canal 2

OCOOOH — adresa memoriei RAM din punct de vedere a utilizatorului (văzută din bus-MULTIPROM)

3800H — adresa RAM locală

Structura software

Structura software a subsistemului de interconectare și transmisie este în concordanță cu prevederile standardului PROWAY-A.

Protocol de comunicație

Protocolul de comunicație. Structura mesajelor
Detectia și corecția erorilor

Protocolul de comunicație este conform părții a 3-a a standardului PROWAY-A.

Structura cîmpului de control și corespondența cu comenzile utilizator sînt prezentate în continuare.

IEC-65C PROWAY-A

Nr. crt.	Tipul de serviciu	Tipul cadrului	Structura cadrului
0	1	2	3
1	Trimite date cu confirmare (SDA)	Baton (token)	F AD O AS FCS F
2		Trimite/Confirmă	F AD O AS D FCS F
		Confirmă (ACK sau NACK)	F AS O AS FCS F
3	Trimitere globală de date	Trimite/Nu răspunde + Baton	F AD C AS D FCS F
4	Recepție de date cu confirmare (RDR)	Cerere/Răspuns Răspuns	F AD C AS FCS F FAD O ASD FCS F
5	Resetare stație la distanță (RSR)	Recuperare stație Confirmă (ACK sau NACK)	FAD O ASD FCS F FAD O AS FCS F

F = flag = 01111110 (7E hex)
AD = adresa destinației (1–127); 128–256 — rezervate
AS — adresa sursei (1–127); 128–255 — rezervate
D = data (0–1023 bytes)
FCS = Secvența de verificare cadru —ISO + HDLC — 3309 FC
C = cîmp de control

	0	1	2	3	4	5	6	7
LSB	X	X	0	0	0	X	X	X

Clasa cadr. Rezervat Tipul cadrului

NOTA : X = 0 sau 1
Bit 5 = 1 — Cadru trimis de o stație inițitoare
= 0 — Cadru trimis de o stație care răspunde
Bit 1 = 1 — Cadru ce conține date
= 0 — Cadru ce nu conține date

Cîmpul de control „C”

Rețeaua locală de calculatoare IPA-LAN, prin concepție de tipizare hardware și software pune la dispoziție proiectanților un mod de implementare generalizată a aplicațiilor în cadrul sistemelor de automatizare și răspunde la cele mai importante cerințe : versatilitate, fiabilitate, economicitate.

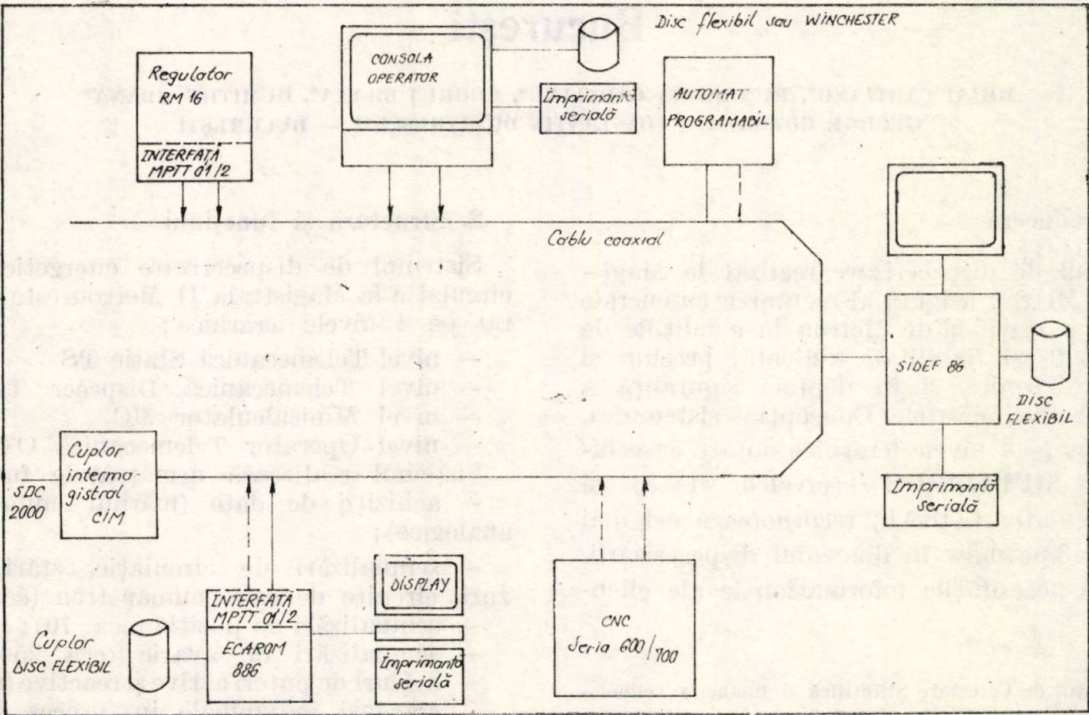


Fig. 2. Rețea LAN—IPA.

LSB	0	1	2	3	4	5	6	7	HEX
	Clasa Rezervat Tip								
Baton (token)	0	0	0	0	0	1	0	0	20
ACK	1	0	0	0	0	0	0	0	01
NACK	1	0	0	0	0	0	1	0	41
Trimite/Confirmă	0	0	0	0	0	1	1	1	E2
Trimite/Nu răspunde + Baton	0	1	0	0	0	1	0	0	22
Cerere/Răspuns	1	0	0	0	0	1	1	1	E1
Răspuns	0	1	0	0	0	0	1	0	42
Recuperarea stației	0	1	0	0	0	1	0	1	A2

4. Concluzii

Prin performanțele propuse, rețeaua IPA-LAN se situează la nivelul celor mai actuale performanțe obținute de firme de prestigiu pe

plan mondial imbinând atit avantajele reducerii numărului de conectori între echipamente prin concentrarea fluxului de date la viteză mare cit și posibilitatea de a lucra în medii puternic perturbate de cimpul electromagnetic.

Bibliografie

- [1] * * * Elaborarea ideologiei construcției rețelelor locale de transmitere a informațiilor, Doc. lb. rusă, 1986.
- [2] * * * SME—ONET Opennet. 11/86 Siemens.
- [3] * * * Token bus controller uses monolithic structure to chip away — MAP costs Electronic Design 14/85.
- [4] * * * Network integration starts Siemens 1987.
- [5] * * * P 4000 proves its work. Kent Review, april '87.
- [6] * * * Telecommunications Network Newsweek 1986.
- [7] * * * Fiber optic LAN completes with coaxial P Blot Electronics, 11 dec. 1984.
- [8] * * * Fiber local area network — Journal of Lightwave technology, febr. 1985.
- [9] * * * Bright future for ANSIS fibre optic LAN standards Communication engineering international, oct.1985

CZ 621.398

TELEMECANICA — METROUL

Sisteme de dispecerizare cu microprocesor cu aplicații în energetică și transporturi la Intreprinderea METROUL București

MIHAI CARTIANU*, RUXANDRA CARTIANU*, CODRUȚ BRANA*, DUMITRU SIBANA*
GEORGE ROZOREA**, CONSTANTIN DUMITRESCU** — BUCUREȘTI

1. Introducere

Sistemul de dispecerizare realizat la Magistrala II Metrou asigură alimentarea cu energie electrică a stațiilor de Metrou în condițiile de continuitate și fiabilitate ridicată, precum și circulația ritmică și în deplină siguranță a trenurilor de metrou. Concepția sistemului, structurat pe 4 nivele ierarhice dotate cu echipamente **MULTIPROM** (nivelele 1—3) și microcalculator CORAL, încorporează cel mai sofisticat knowhow în domeniul dispecerizării, bazat pe necesitățile informaționale ale clienților.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

** Intreprinderea Metroul — București.

2. Structură și funcțiuni

Sistemul de dispecerizare energetică și de circulație la Magistrala II Metrou este structurat pe 4 nivele ierarhice:

- nivel Telemecanică Stație TS
- nivel Telemecanică Dispecer TD
- nivel Minicalculator MC
- nivel Operator Telemecanică OT

Sistemul realizează următoarele funcțiuni:

- achiziții de date (mărimi numerice și analogice);
- semnalizări de circulație, stări, macazuri, circuite de cale, număr tren (cca. 250);
- semnalizări de poziție (cca. 70);
- semnalizări de avarie (cca. 250);
- măsuri de puteri active și reactive (max. 6);
- comenzi individuale în proces de tipul închide/deschide elemente de separație (intre-

rupător sau separator) executate la inițiativa operatorului dispecer energetic prin intermediul consolei formată din tastatură display-imprimantă;

— comenzi secvențiale pentru asigurarea alimentării cu energie a șinei a 3-a executate în urma lansării de către operatorul dispecer a unei comenzi globale pentru întreaga magistrală;

— comenzi individuale în impuls referitoare la executarea de parcursuri fără trecere peste macazuri și la comanda directă a unor semnale în proces sau a unor regimuri automate (de semnalizare sau de Rebrusment) lansat de la platină funcțională de la Nivelul OT aferent dispeceratului de circulație;

— comenzi în impuls corelate care se referă la executarea de parcursuri cu trecere peste macazuri;

— comenzi cu automenținere pentru conectare/deconectare sistem TV, comandă lucru—stație în regim repetor;

— afișare pe panou sinoptic a semnalizărilor de poziție și avarie, a semnalizărilor de circulație, stări macaze, circuite de cale cu avertizarea schimbărilor de stare prin semnalizări de tip intermitent, cu posibilitatea confirmării de către operator a schimbărilor de stare;

— analiza stărilor în vederea sesizării schimbărilor în proces, în urma căreia se generează un mesaj pentru display și imprimantă;

— protocolarea la cerere sau automat la 24 ore a puterilor medii orare absorbite de sistemul energetic, pe nivelul 20 kV și 825 V;

— gestiunea evenimentelor energetice pentru a evidenția continuitatea alimentării cu energie și analiza întreruperilor pe 24 ore și pe 1 lună;

— comunicația între nivelele ierarhice realizată prin transmisii speciale a informației organizate pe blocuri de lungime fixă, cu asigurarea corectitudinii transmisiei (prin test de paritate la nivel hardware, test de cod ciclic software, control Hamming software);

— dialog cu operatorul realizat prin mesaje de dialog sau ordine de execuție având o sintaxă adecvată concepției de operare într-un sistem energetic;

— autoteste pentru evidențierea situațiilor de anomalie în funcționare (instabilitate a memoriei **RAM** și **PROM**, avarie a modulelor de intrare/ieșire numerice sau analogice, anomalii în funcționarea unor periferice, ieșirea din funcțiune a unor echipamente, blocarea funcționării unor programe de activitate ciclică).

3. Echipamente utilizate

Sistemul este realizat într-o structură ierarhizată, de tip „post la post” la toate nivelele, cu rețea radială de comunicație pentru dis-

peceratul energetic și o structură de tip „post la post” între nivelele *TS*, *TD* și centralizată cu rețea multipunct între nivelul *TD* și *OT* pentru dispecerul de circulație.

Nivelul Telemecanică Stație cuprinde 13 echipamente de telemecanică **Multiprom** în structura microprocesor, amplasate în stațiile Magistralei II Metrou cu rolul de culegere a informațiilor aferente procesului tehnologic și de transmitere ciclică a acestora către nivelul ierarhic superior, ca și prelucrarea și lansarea de comenzi în proces. Echipamentele conțin în configurație următoarele module:

— modul unitate centrală *CM 82*;

— module intrări/ieșiri numerice *IN 72*, *EN 40*;

— modul convertor analog numeric *CAN*;

— modul *TEST*;

— modem telemecanică prin care se realizează transmisia asincronă, full duplex, cu viteza de 1200 Bd a informațiilor între nivelul *TS* și *TD*;

— modul de supraveghere a unității comenzilor **SIGMA 1**

— modul de interfață cu separare galvanică pentru intrări analogice **SIGMA 2**.

Nivelul Telemecanică Dispecer conține 13 echipamente **Multiprom** în structura microprocesor amplasate la Dispecerat în sala de echipamente, cu rolul prelucrării informațiilor primite din proces în vederea afișării pe panoul sinoptic, formării și transmiterii mesajului către proces și către nivelul ierarhic superior (nivelul *OT*).

Configurația echipamentelor este următoarea:

— modul unitate centrală *CM 82*;

— modul ieșiri numerice *EN 40*;

— modul *TEST*;

— modem de telemecanică *1200 Bd*;

Nivelul Operator de Telemecanică *OT* cuprinde două echipamente **Multiprom** identice ca structură și funcțiuni care asigură funcționarea în regim de rezervare caldă a Operatorului de Telecomandă.

Comutarea de pe un echipament pe celălalt se realizează automat, în cazul în care pe baza unor programe de autotest se sesizează o funcționare necorespunzătoare.

Operatorul Telemecanică Energetică este realizat în structură biprocesor: procesorul de comunicație care guvernează comunicația serială tip „post la post” cu cele 13 echipamente de la nivelul *TD* și procesorul master care realizează dialogul cu dispozitivele periferice, prelucrarea informațiilor, dialogul cu Operatorul de Telemecanică aferent Dispeceratului de circulație, pentru informarea reciprocă privind desfășurarea procesului de circulație și energetic.

Operatorul Telemecanică de Circulație, datorită legăturii multipunct cu echipamentele TD, este realizat în structura centralizată monoprosesor.

Interfața cu operatorul uman se realizează prin două display-uri și două imprimante. Echipamentul OT se interconectează prin intrări numerice cu ceasul METROULUI pentru sincronizare sistem.

Nivelul Minicalculator MC este dotat cu minicalculatorul CORAL cu rezervare destinat să supravegheze și să coordoneze desfășurarea în bune condițiuni a circulației metroului, oferind posibilitatea analizărilor complexe pri-

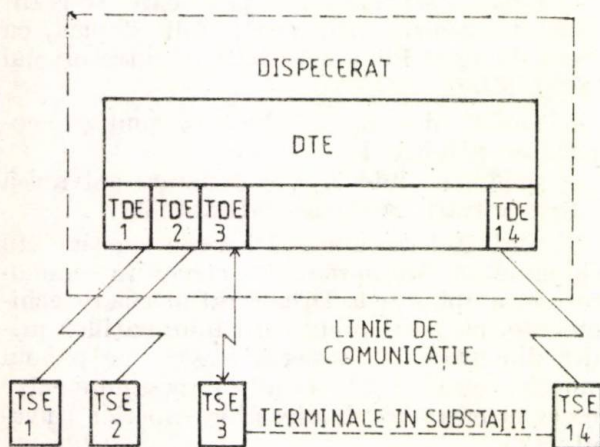


Fig. 1. Schema instalației de telemecanică.

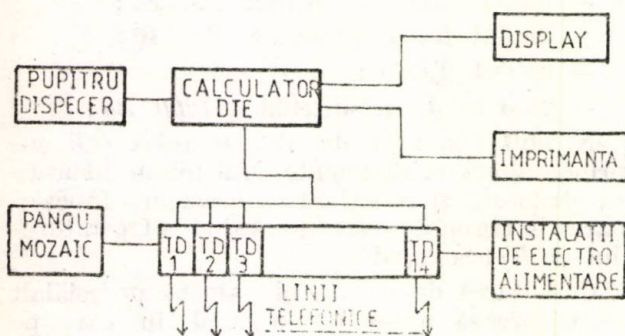


Fig. 2. Configurația de la dispecerat.

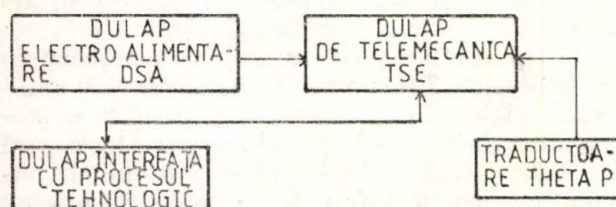


Fig. 3. Instalația din substații.

vind optimizarea procesului tehnologic, el fiind în legătură cu operatorii de Telemecanică aferenți celor două Dispecerate, Energetic și de Circulație (fig. 1, 2, 3, 4).

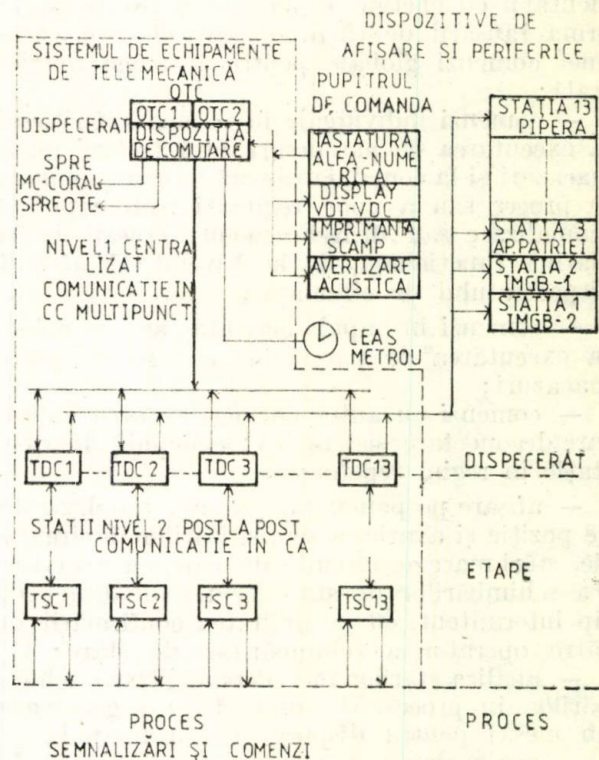


Fig. 4. Configurația sistemului de echipamente Multiprom pentru dispecerizarea traficului la magistrala II Metrou București.

Minicalculatorul are în configurație următoarele dispozitive periferice (cu rezervare):

- unitate de disc;
- unitate de bandă magnetică;
- imprimantă lentă;
- display-uri;
- display grafic color.

Logică de comutare incluzând situații care determină trecerea în regim de funcționare pe rezervă este inclusă în cadrul comutatorului automat tip TD-07.

Acest comutator va realiza comutarea automată:

- a minicalculatorului CORAL 4030 pe rezervă;
- a ansamblului de echipamente TD și a terminalelor de la Dispeceratul de Circulație;
- a echipamentelor OT de la Dispeceratele de circulație și energetic;

Pentru Dispeceratul de circulație nivelul Minicalculator va realiza următoarele funcțiuni:

- recepție mesaje de la nivelele *TD*, *OT*;
- formulare și emisie comenzi către nivelele *OT* și *TD*;
- dialog cu operatorul de la tastatura *AS-CII* a consolei Operator Dispecer;
- afișarea pe monitorul de alarme și editarea pe imprimanta lentă a mesajelor de alarmă din proces;
- afișarea pe monitorul Grafic a informațiilor privind stațiile și zonele unde au fost localizate trenurile;
- trasarea automată sau la cerere pe Treno-
graf a graficului real de circulație al trenurilor;
- editarea automată sau cerere pe imprimanta rapidă a protocoalelor;
- gestiunea fișierelor de informații din procesul de circulație și energetic, alarme, rapoarte, indicatori sintetici etc.;
- autoteste ciclice software.

4. Securitatea și fiabilitatea sistemului

Echipamentele de telemecanică Multiprom de la nivelul *TS*—*TD* sint configurate într-o rețea de comunicație tip post la post care asigură:

- realizarea unor echipări compacte, corespunzătoare cu volumul de informații al fiecărei stații;
- flexibilitate și posibilitate de extindere;
- facilități de depanare;
- grad mare de disponibilitate.

O asemenea concepție creează o independență funcțională deplină pentru fiecare stație, căderea unui ansamblu *TS*—*TD* nu afectează funcționarea în continuare a Sistemului Informațional de Proces.

Între echipamente se realizează un schimb informațional direcțional care asigură:

- transmisia și independența de la nivelul *TS* a mesajelor informaționale;
- transmisia pe principiul „dublu apel-răspuns” a ordinelor de telecomandă.

Pentru detectarea și înlăturarea erorilor care pot apare datorită mediului puternic perturbator s-au luat următoarele măsuri:

- codificarea Hămming a informațiilor de selecție și comandă;
- verificarea corectitudinii mesajului, nepermițându-se transmiterea unor mesaje necorespunzătoare;
- conservarea mesajelor în vederea corectării lor;

- repetarea mesajului eronat;
- control de paritate la recepție, controlul de cod ciclic (*CRC*)

Pentru a proteja informația pe canalul de comunicație se folosește codificarea ciclică a informației, cu un polinom generator de gradul 16.

În situațiile extreme în care, pe baza autotestelor, se constată o funcționare incorectă a echipamentelor *OT* (memorie **RAM**, **EPROM**, legătura serială cu echipamentele *TD*, defectă, alimentarea căzută etc.) se realizează comutarea automată pe celălalt echipament *OT*. Totodată se realizează comutarea și la nivelul *MC*, comutarea echipamentelor *TD*, a dispozitivelor periferice, a tastaturii funcționale, a ceasului Metrou și a interfeței de afișare Număr Tren la Dispeceratul Circulație.

De menționat că atât timp cât echipamentul *OT* este „în rezervă”, el este în funcțiune permanentă și primește informații de la echipamentele *TD* și dispozitivele periferice. În urma comutării se rămâne pe rezervă, până la apariția unei defecțiuni când se realizează automat comutarea pe celălalt echipament. Pentru realizarea în bune condițiuni a acestei comutări cu informarea între echipamentele *OT* a naturii defecțiunii apărute este prevăzută o comunicație serială între cele două echipamente.

Așa cum s-a precizat în paragraful precedent, în cazuri de defectare la nivelul *MC* are loc comutarea acestuia împreună cu dispozitivele periferice pe rezervă.

În ceea ce privește fiabilitatea echipamentelor, comparativ cu echipamentele de la Magistrala I Metrou realizate cu componente discrete în sistemul logic **USILOG-I**, echipamentele realizate în conceptul Multiprom echipate cu circuite *LSI* și *MSI* au permis compactizarea lor la un număr redus de module, deci o reducere a componentelor și o creștere a fiabilității. Aceasta s-a produs și ca urmare a utilizării componentelor fiabilizate și supunerii subansamblelor (module, surse) unui ciclu de fiabilizare prin tratamente șoc mecano-climatice.

5. Filozofia de testare

Concepția de testare utilizată pentru depanarea și întreținerea sistemelor de dispecerizare cuprinde proceduri software de autoteste pentru depistarea defectelor și a naturii lor și dispozi-

tive hardware pentru localizarea defectelor și depanarea propriu-zisă a modului defect.

Procedeele de depistare a funcționării anormale la Nivelele de Telemecanică cuprind:

— autotest de bună funcționare a **memoriei RAM**;

— autotest de stabilitate a **memoriei RAM**;

— autotest de stabilitate a **memoriei EPROM**;

— reinițializarea activității microprocesorului în caz de blocare;

— autotest asupra stării de „Operațional” a nivelelor *TS*, *TD*, *OT*;

— autotest parțial al modulelor de intrare/ieșire din proces.

Pentru depanarea echipamentului în vederea localizării la nivel de modul a unui defect se utilizează modulul de TEST care face parte din configurația fiecărui echipament.

Simulatorul testor elaborat de Institutul de cercetare științifică și inginerie tehnologică pentru automatizări este un echipament ce permite depanarea modulelor defecte. Echipamentul de testare **THETAROM FD 50** elaborat de IEIA Cluj-Napoca cu care a fost dotată Intreprinderea de exploatare METROU permite

depanarea modulelor defecte cu grad mare de complexitate. În acest scop vor fi utilizate programe specifice de testare pentru fiecare placă în parte.

Intreprinderea de Exploatare Metrou București a fost dotată cu calculatorul *M-118* pentru dezvoltare de programe.

6. Concluzii

Sistemul este comparabil ca performanțe și realizare tehnologică cu sistemele similare ale firmelor occidentale.

Elementele constitutive ale sistemului se află integrate în fabricație.

Sistemul s-a realizat în cadrul PROGRAMULUI PRIORITAR METROU.

Bibliografie

- [1] A. Martinic TELEGYR 065 A MODERN SUPERVISORY CONTROL SYSTEM FOR THE ACQUISITION AND TRANSMISSION OF DATA.
- [2] G. Götz Ziel Struktur und Aufbau des Integrierten Transport Steuer systems der Deutschen Bundesbahn
- [3] * * * Catalog Multiprom.
- [4] * * * Dispecerizare energetică la Magistrala I Metrou.

CZ 681.31 : 629.12

CALCULATOR DE PROCES

ARPA — Sistem de evitare a coliziunii în navigația maritimă, echipament dedicat de tip multiprocesor

OLIVIU DINESCU*, VALENTIN DASCĂLU*, VASILE ENACHE*, ION ANDRONACHE* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Echipamentul de evitare a coliziunii ARPA este un echipament specializat care realizează automat întregul proces de detectare și urmărire a țintelor, de calcul al parametrilor de mișcare ai acestora și de afișare a informațiilor necesare deciderii manevrei de evitare a coliziunii, prin intermediul radarului.

Fiind destinat să lucreze la bordul navelor, echipamentul de evitare a coliziunii se încadrează în ultimile generații de calculatoare de proces, la realizarea acestuia fiind folosite circuite larg integrate (microprocesoare, memorii semiconductoare) ceea ce conferă produsului o serie de avantaje ca:

— fiabilitate sporită;

- funcționare în mediu neclimatizat;
- consum de energie redus;
- gabarit redus;
- compactitate.

Echipamentul ARPA este conceput modular, atit din punct de vedere hardware cît și software, fiind o structură multiprocesor cuplată prin interfețe specifice cu instrumentele de navigație loch, girocompas și radar, încadrându-se printre realizările de ultimă oră pe plan mondial.

Echipamentul pentru evitarea coliziunii, ARPA, lucrează în regim ON-LINE și este instalat în postul central de comandă al nave cuplându-se la un indicator radar separat.

Echipamentul corespunde regulilor Registrului Naval Român și prevederilor regulamentului internațional IMO pentru echipamente de evitare a coliziunii.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

2. Structura hardware

Echipamentul ARPA este realizat într-o structură multiprocesor în care mai multe module unități centrale, interfețe specializate, extensii de memorie, sînt conectate prin intermediul unei magistrale sistem meoune, **MULTIPROM**.

Unitățile centrale dispun și de o magistrală, rezidentă la care se pot conecta interfețe și module de memorie specifice.

Modulele componente sînt:

- modul procesor principal (*MAIN PROCESSOR*) realizat cu un modul *SBC 8086*;
- trei module procesor de achiziție și urmărire (*TRACKER*) realizate cu *SBC 8086*;
- modul procesor de display alfanumeric realizat cu un *SBC Z80* legat prin canal serial cu procesorul principal;
- module interfață loch și girocompas cuplate pe magistrala rezidentă a procesorului principal;
- module interfață de achiziție și urmărire cuplate pe magistralele rezidente ale procesoarelor de urmărire;
- modul interfață consolă operator cuplat pe magistrala rezidentă a procesorului principal;
- modul interfață display alfanumeric cuplat pe magistrala rezidentă a procesorului de afișare alfanumerică;
- modul interfață afișare sintetică radar cuplat pe magistrala rezidentă a automatului de afișare informație sintetică;
- modul de memorie **RAM** comună cuplat la magistrala sistem prin care se realizează comunicația între procesorul principal și cele de urmărire;

3. Sistemul de programe

Funcțional sistemul de programe este format din:

- A. Soft de bază
- B. Soft aplicativ;
- C. Soft de test;
- D. Soft de interfețe (implementat la nivelul interfețelor)

A. Soft-ul de bază

Sistemul de programe de bază cuprinde:

- monitorul planificator de task-uri;
- mecanismul de semaforizare pentru acces a memoria comună;

— biblioteca matematică — cuprinde subrutine de calcul în virgulă mobilă, calcule trigonometrice etc.

B. Soft-ul aplicativ

Pachetul de programe aplicative asigură funcțiile:

B.1. Funcții de display — se afișează date sintetice, alarme, indicatori de stare, se asigură dialogul cu operatorul.

B.2. Funcții de management a bazei de date care se referă la:

- calculele elementelor de mișcare ale navei proprii și ale țintelor urmărite;
- generarea alarmelor de străpungere a inelelor de siguranță (guard-rings);
- calcularea limitelor de distanță minimă la care poate o țintă să se apropie de nava proprie *DCPA* — (distance to the closest point of approach);
- calcularea limitelor de timp necesar pentru ajungerea la distanța minimă de țintă *TCPA* — (time to the closest point of approach);
- manevre posibile și indicate pentru evitarea coliziunii;
- alarmarea pentru pierderea țintei (lost target).

B. 3. Funcții de procesare a datelor de la radar:

- asigură interfața radar — sistemul de programe și este responsabil pentru urmărirea în timp real a țintelor prin ferestre de urmărire (tracking-Windows);
- extrage centrele de greutate ale țintelor din ferestrele de urmărire;
- ajustează dinamic ferestrele de urmărire.

C. Soft-ul de test

Sistemul de programe de test realizează:

- programe de test pentru unitățile centrale, memorii EPROM și RAM;
- program de test pentru tastatura și indicatoarele luminoase ale consolei operator;
- programe pentru diagnosticarea interfețelor cu display-urile alfanumerice și informație sintetică radar;
- programe pentru diagnosticarea interfețelor cu radarul.

D. Soft-ul de interfețe

Asigură descrierea întreruperilor și transferul informațiilor bidirecțional între sistem și periferice.

4. Comparație cu echipamente similare

	produs prezentat	produs similar	
		SPERRY CASII (SUA)	DECCA ARPA (ANGLIA)
a. principalii parametri tehnico-funcționali			
— grad protecție	IP 54	IP 52	IP 52
— lungime cuvint	16 biți	16 biți	16 biți
— capacitate de urmărire	20 ținte	20 ținte	20 ținte
— distanță urmărire maximă	36 NM	36 NM	24 NM
— distanță achiziție minimă	0,1 NM	0,1 NM	0,2 NM
b. principalele consumuri specifice de :			
— metal	150 kg	180 kg	164 kg
— sticlătextolit	4,2 m ²	4,5 m ²	5 m ²
c. parametri calitativi ai produsului MTBF	5000 ore	5000 ore	5000 ore

5. Concluzii

ARPA — echipament de evitare a coliziunii — reprezintă primul echipament de acest gen conceput și realizat la noi în țară, ai cărui parametri sînt la nivelul produselor similare fabricate în alte țări cu tradiție.

ARPA prezintă un înalt grad de modularitate, bazat în special pe utilizarea produselor tipizate **MULTIPROM**.

Soluția constructivă permite conectarea prin intermediul unei magistrale sistem comune **MULTIPROM**, a mai multor unități centrale, extensii de memorie, interfețe specializate oferind echipamentului o mare flexibilitate și viteză de calcul sporită.

Echipamentul se instalează la bordul navelor maritime conform cerințelor internaționale.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI ; dr. ing. I. BĂTRINA ; dr. ing. V. BUNEA ; prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU ; ing. CEOCEONICA ; prof. dr. șt. tehn. ing. V. CORLĂTEANU ; prof. dr. ing. M. DRĂGANESCU ; prof. dr. ing. M. HANGANUT ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. G. HORTOP N ing. I. ILIESCU ; ing. V. LEFTER ; dr. ing. A. MILLEA ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. C. MOCANU ; prof. dr. ing. A.

NICOLAIDE ; ing. A. POPA ; prof. dr. ing. S. PUȘCAȘU ; ing. M. SIRBU ; dr. ing. VALERIUS STANCIU, redactor resp. adjunct ; dr. ing. FLORIN TEODOR TANĂSESCU, redactor responsabil.

Redactor principal : VIORICA ANASTASESCU

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA” (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice, apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.) București. Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei, București, Calea Vic-

toriei, nr. 133, telefon 50.40.90, int. 475 și 695, plata abonamentelor făcîndu-se prin mandat postal pe adresa : I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45—47, București, cont virament nr. 301700301 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare este de 120 lei ; nu se fac decît abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Cititorii din străinătate care doresc să se aboneze la revista E.E.A. — ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA și AUTOMATICA se pot adresa Întreprinderii „ILEXIM” — departamentul export — import presă — București — Calea Griviței nr. 64—66. P.O.B. — 2001 — Telex 01.12.26



Tiparul :
Întreprinderea Poligrafică „Informația”
București, str. Brezoianu nr. 23—25, cd. 2289



exporter

ELECTRONUM
BUCHAREST ROMANIA

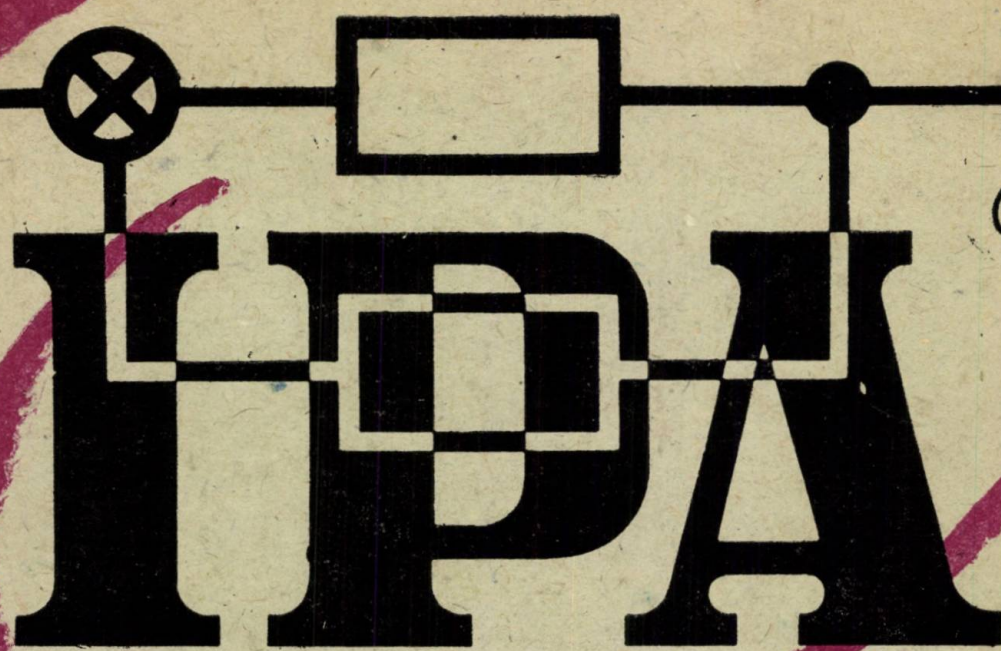


in automation

YOUR

PARTNER





Calea Floreasca 167/sector 1/Bucharest

**YOUR PARTNER
IN
AUTOMATION**

exporter **ELECTRONUM**



E 2040

ETE

Referat



Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA • BUCUREȘTI • ANUL 32 • NR. 3 • AUGUST 1988

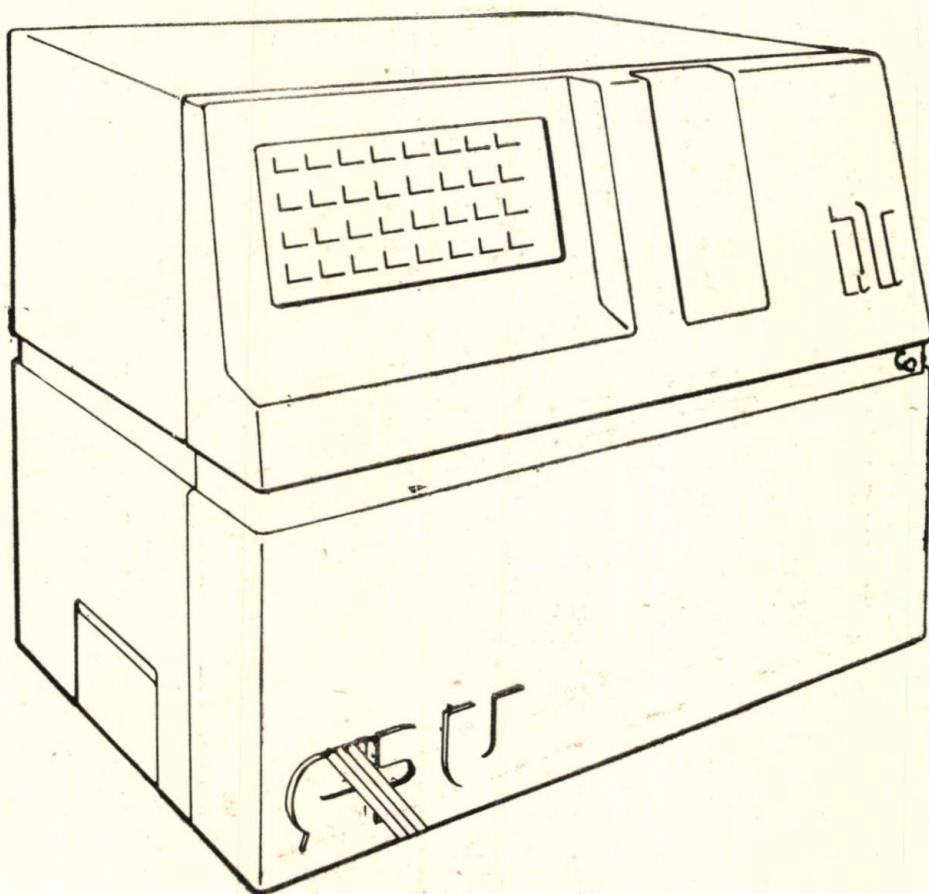
**BUCHAREST I.T.C.I.
CLUJ-NAPOCA SUBSIDIARY**

ROBOT COMMAND UNIT UCR

UCR 3-rd generation

It is hierarchical multiprocessor system, using 280 microprocessor, for the command and control of electrically and electro-hydraulically powered robots.

UCR is organized on two levels a lower level and a higher. Lower level is based on up to 6 microprocessor systems for the control of the degree of freedom. The higher, level consists of a specialized microcomputer on which an oriented language has been implemented FORTH nucleus plus robot, specific commands : MOVE, HOLD, RELEASE, SEARCH, SPEED INPUT, OUTPUT, STATUS, etc.). Physically, the two hierarchical levels, represent one single entity.



Generator feature :

it controls up to 6 electrically or electro-hydraulically powered degrees of freedom.
position is controlled within the closed or open loop, depending on the DC motors or
stepper motors mode of actioning.

it controls and synchronizes the flexible cell integrating the robot.
enables autodiagnosis.

it has 5 functioning conditions : utility program editing, program loading and compiling,
manual, automatic step-by-step and continuous execution.

program loading and saving is achieved through, computer, teletype, card reader/punch,
cassette recorder. EPROM memory.

manual commands and coordinates displaying are made through a specialised board.
a net or a 24V battery provide power-supply.

**ADRESS : I.T.C.I.
STR. REPUBLICII NR. 109
3400 CLUJ-NAPOCA
ROMANIA**

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ANUL 32

Nr. 3

august 1988

AUTOMATICA CUPRINS

EDITORIAL

CZ 621-52 : 007.539.15

STRUCTURA IERARHIZATĂ

CONTROL

ROBOT INDUSTRIAL

Căpălină, O. : Arhitectura unităților de comandă a roboților industriali URC.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 118

Articolul prezintă, în general, subsistemul de comandă al roboților și în mod special unitatea de comandă a roboților individuali URC03.

CZ 621.38 : 007.52

ROBOT INDUSTRIAL

INTEGRARE

CELULA FLEXIBILĂ

Roman, L. : Integrarea URC III într-o celulă flexibilă de fabricație.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 124

Articolul prezintă integrarea unității de comandă pentru robot (URC III) într-o celulă flexibilă de fabricație. Aceasta presupune asigurarea sistemului de interconectare între robotul comandat și mediul exterior lui. La această problemă articolul prezintă soluții.

CZ 621.3 : 007.52

ROBOT INDUSTRIAL

INTERFAȚĂ

DISPOZITIV DE AFIȘARE

Pușcă, V.M. : Modul de interfață cu utilizatorul.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 126

Articolul prezintă modul de interfață cu utilizatorul, al unității de comandă a robotului industrial. Acest modul constituie dispozitivul prin care omul poate comunica date unității de comandă, iar aceasta la rândul ei comunică, date spre utilizator. Se fac considerații hardware și software.

CZ 621.37 : 007.52

ROBOT

MICROPROCESOR

MCC/MPP

Ciobotaru, D. ș.a. : Modul de control al mișcării pe un grad de libertate.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 130

Se prezintă unitatea de comandă pentru roboți (UCR) care este un sistem ierarhizat multiprocesor și este destinată comenzi roboților industriali cu maximum 6 grade de libertate, acționați cu motoare de curent continuu sau motoare pas cu pas.

CZ 681.3.002 : 007.52

SOFTWARE

ROBOT INDUSTRIAL

Felmer, P. ș.a. : Software-ul modulului de comandă pentru un grad de libertate.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 132

Articolul discută structura soft și prezintă avantajul simultaneității funcțiilor realizate prin folosirea tehnicii întreruperilor provenite fie la CTC-ul propriu pentru controlul mișcării programate, fie prin intermediul circuitelor de interfață paralelă (PIO) de la semnalele exterioare (limitatori de cursă, limitatori de proximitate).

CZ 681.3.002 : 007.52

LIMBAJ SPECIALIZAT

FORTH

ROBOT INDUSTRIAL

Popa, G. ș.a. : Limbajul de programare a unității de comandă robot.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 134

Sînt prezentate caracteristicile și facilitățile limbajului specializat pe aplicații-robot constituit pe un nucleu FORTH.

CZ 681.3.002

SOFTWARE

ROBOT INDUSTRIAL

Petrulea, M. ș.a. : Sistemul software al microcalculatorului specializat.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 137

Se prezintă componentele software implementat pe microcalculatorul specializat, masterul structurii multiprocesor a unității de comandă a roboților. Se trec în revistă avantajele utilizării FORTH în aplicațiile industriale.

CZ 681.34 : 007.52

CONTROL

MICROCALCULATOR INTEGRAT

ROBOT INDUSTRIAL

Căpălină, D. : Modul de control al unui grad de libertate implementat cu un microcalculator integrat.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 140

În articol se arată că datorită implementării modulului de control a mișcării cu un microcalculator integrat se reduce drastic numărul circuitelor integrate și prin urmare și volumul și consumul de energie.

CZ 620.91 : 007.52

SURSA

MEDIU INDUSTRIAL

ROBOT INDUSTRIAL

Băru, E. ș.a. : Modul de alimentare al UCR-03.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 143

În articol se analizează soluția aleasă pentru sursa de alimentare a unităților de comandă pentru roboți, soluție ce rezervă o serie de probleme legate de filtrarea tensiunii, pornirea secvențială, tensiunii de ieșire auxiliare etc.

CZ 658.56 : 621.3

FIABILITATE

REGULATOR NUMERICE

MICROPROCESOARE

Nita, C. : Metodă pentru asigurarea fiabilității reglatoarelor numerice cu microprocesoare.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 146

În articol este prezentată importanța sistemelor distribuite de conducere în procesele de automatizare. Se face o descriere a regulatorului numeric multicanal care este echipamentul principal din primul nivel ierarhic de conducere.

CZ 535.34 : 621.318

PROIECTAREA FILTRELOR ACTIVE

TRANSFORMAREA PARAMETRILOR

SELECȚIA CONFIGURĂRII

Popescu, B. : Proiectarea filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H951 și H925 — filtre active universale.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 3, august 1988, p. 150

În lucrare sînt descrise, într-o succesiune logică, etapele de proiectare a filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H 951 și 952 — filtre active universale. Sînt prezentați parametrii filtrului trece-jos și programele de calculator pentru transformarea acestora. Sînt date configurațiile de filtru (cu intrare neînversoare, cu intrare inversoare și bi-quad), precum și relațiile de calcul corespunzătoare. Sînt analizate precauțiile care trebuie luate atît la mijlocul domeniului de frecvență, cît și la marginile acestuia (frecvențe foarte mici sau foarte mari). Materialul prezentat reprezintă un minimum necesar pentru proiectarea oricărei configurații de filtru activ.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI ; dr. ing. I. BATRINA ; dr. ing. V. BUNEA ; prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU ; ing. V. CEOCENICA ; prof. dr. st. tehn. ing. V. CORLĂTEANU ; prof. dr. ing. M. DRĂGĂNESCU ; prof. dr. ing. M. HANGĂNUȚ ; prof. dr. doc. st. tehn. ing. G. HORTOPAN ; ing. I. ILIESCU ; ing. V. LEFTER ; dr. ing. A. MILEA ; prof. dr. doc. st. tehn. ing. C. MOCANU ; prof. dr. ing. A. NICOLAIDE ; ing. A. POPA ; prof. dr. ing. S. PUȘCĂȘU ; ing. M. SIRBU ; dr. ing. VALERIUS STANCIU, redactor resp. adjunct ; dr. ing. FLORIN TEODOR TĂNĂSESCU, redactor responsabil.

Redactor principal: VIORICA ANASTĂSESCU

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 621—52:539.15

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОНТРОЛЬ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

Кепэцунэ, К.: Архитектура управляющих единиц промышленных роботов УРК.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 118

Статья представляет, вообще, управляющую подсистему роботов и особенно управляющую единицу индивидуальных роботов УРК 03.

УДК 621.38:007.52

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ ИНТЕГРИРОВАНИЕ ГИБКАЯ ЯЧЕЙКА

Роман, Л.: Интегрирование УРК в гибкой ячейке производства.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 124

Статья представляет интегрирование управляющей единицы робота (УРК III) в гибкой ячейке производства. Это предполагает обеспечение системы взаимосвязи между управляемым роботом и его внешней средой. К этому вопросу статья приведет решения.

УДК 621.3:007.52

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ ИНТЕРФЕЙС УСТРОЙСТВО АФИШИРОВАНИЯ

Пушкэ, В.: Модуль интерфейса с пользователем.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 126

Статья представляет модуль интерфейса с пользователем управляющей единицы промышленного робота. Этим модулем является устройство через которое может сообщить данные управляющей единицы, а это, в свою очередь, сообщает данные к пользователю. Проводятся соображения хардвара и софтвера.

УДК 621.37:007.52

МИКРОПРОЦЕССОР MSS, MPP

Чоботару, Д. и др.: Модуль контроля движения на приборе свободы.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 130

Представляется управляющая единица роботов (УРК), являющаяся иерархической мультипроцессорной системой, предназначенной для управления промышленными работами, максимально 6 ступеней свободы, приводимыми с двигателями постоянного тока или шаговыми двигателями.

УДК 681.332:007.52

СОФТВАР ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

Фелмере, П. и др.: Софтвер управляющего модуля для одной ступени свободы.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 132

Статья представляет структуру софтвера и преимущество одновременности осуществленных функций при помощи техники перерывов происходящих либо на собственной СТС для контроля программируемого свижения, либо через цепи параллельного интерфейса (PIO) от внешних сигналов (ограничители хода, ограничители близости).

УДК 681.3.022:007.52

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЯЗЫК ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

Попа, Г. и др.: Язык программирования управляющей единицы робота.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 135

Представляются характеристики и доступности специализированного языка на применениях робота составленного на ядре FORTH.

УДК 681.3.022

СОФТВАР ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

Петруля, М. и др.: Система софтвера, специализированного на микро ЭВМ.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 137

Представляются компоненты софтвера, внедряющиеся на специализированной микро ЭВМ, мастер мультипроцессорной структуры управляющей единицы роботов, преимущественно использования FORTH в промышленности.

УДК 681.34:007.52

КОНТРОЛЬ ИНТЕГРИРОВАННЫЙ МИКРО-ЭВМ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

Копэцунэ, Д.: Модуль контроля ступени свободы внедряющийся с интегрированной микро ЭВМ.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 140

В статье указывается, что благодаря внедрению модуля контроля движения с интегрированной микро ЭВМ сильно уменьшается количество интегрированных цепей и следовательно объем и расход энергии.

УДК 620.91:007.52

ИСТОЧНИК ПРОМЫШЛЕННАЯ СРЕДА ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

Быру, Е. и др.: Модуль питания УРК 03.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 143

В статье анализируется выбранное решение для источника питания управляющих единиц роботов. Это решение оставляет в резерве ряд вопросов связанных с ильтрованием напряжения, последовательным пуском, прилагающим выходным напряжением, и т.п.

УДК 658.56:621.3

НАДЕЖНОСТЬ ЦИФРОВЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Нуту, К.: Метод обеспечения надежности цифровых регуляторов с микропроцессорами.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 146

В статье представляется важность распределенных систем управления в процессах автоматизации. Проводится описание цифрового регулятора с мультиканалами, являющегося основным оборудованием первого иерархического уровня управления.

УДК 535.34:621.318

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ

Попеску, Б.: Проектирование активных фильтров используя гибридные интегрированные цепи Н 951 и Н 952 — универсальные активные фильтры.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 3, август 1988 г., стр. 150

В работе описаны, в логической последовательности, этапы проектирования активных фильтров используя гибридные интегрированные цепи Н 951 и Н 952 — универсальные активные фильтры. Приведены параметры фильтра нижних частот и программы ЭВМ для преобразования этих. Даны конфигурации фильтра (с непереворачиваемым выходом, реверсирующим выходом и bi-quad), а также соответствующие отношения вычисления. Анализируются предосторожности которые должны быть взяты так на середине частотной области, как и на границах области (очень малые или очень большие частоты). Приведенный материал является минимумом необходимым для проектирования любой конфигурации активного фильтра.

INHALT

DK 621.52 : 007.52 : 539.15

IERARHISIERT STRUKTUR
KONTROLLE

INDUSTRIE ROBOTER

Căpălnă, O. : Architektur der Steuerungseinheiten der Industrie Roboter URC.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 118

Die Arbeit stellt im allgemeinen das Steuerungsuntersystem der Roboter und insbesondere die Steuerungseinheit der einzelnen Roboter URC03, dar.

DK 621.38 : 007.52

INDUSTRIE ROBOTER

INTEGRATION

BEUGBARE ZELLE

Roman, L. : URC Integration in einer beugbaren Herstellungszelle.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 124

Die Arbeit stellt die Integration der Herstellungseinheit für den Roboter (URCIII) in einer beugbaren Herstellungszelle dar. Dieses bedeutet die Sicherung des Verkettungssystems zwischen dem Steuerungsroboter und der Umgebung. Bezüglich dieses Problems stellt die Arbeit Lösungen dar.

DK 621.3 : 007.52

INDUSTRIE ROBOTER

INTERFACE

DARSTELLUNGSGERÄT

Puşca, V.M. : Die Art der Interface.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 126

Die Arbeit stellt die Art der Interface mit dem Verbraucher der Steuerungseinheit des Industrie Roboters dar. Dieses Modul stellt das Gerät mit dem der Mensch die Daten der Steuerungseinheit mitteilen kann, dar; diese Einheit teilt sie weiter dem Verbraucher mit. Es werden Hardware und Software-Betrachtungen gemacht.

DK 621.37 : 007.52

ROBOTER

MIKROPROZESSOR

MCC/MPP

Ciobolaru, D. u.a. : Die Art der Bewegungskontrolle an einem freien Gerät.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 130

Man stellt die Steuerungseinheit für Roboter (UCR), die ein ierarhisiertes System Multiprozessor ist und sie gehört der Steuerung der Industrie Roboter mit höchstens 6 Freiheitsgraden, mit Gleichstrommotoren oder Schrittmotoren betriebene an, dar.

DK 681.332 : 007.52

SOFTWARE

INDUSTRIE ROBOTER

Felmer, P. u.a. : Software des Steuerungsmodul für einen Freiheitsgrad.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 132

Die Arbeit bezieht sich auf die Software Struktur und beschreibt den Vorteil der gleichzeitigen Funktionen, die durch die Anwendung der unterbrochenen Techniken hergestellt sind, entweder mit Hilfe der eigenen CTC für die Kontrolle der programmierten Bewegung oder mit Hilfe der parallelen Interface Kreisläufe (PIO) von den äusseren Signale Wegbegrenzer), (Proximitätsbegrenzer).

DK 681.3.022 : 007.52

SPEZIALISIERTE SPRACHE

FORTH

INDUSTRIE ROBOTER

Popa, G. u.a. : Die Programmierungssprache der Steuerungseinheit Roboter.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 135

Man beschreibt die Charakteristiken der spezialisierten Sprache für die Roboteranwendung mit einem Forth-Kerns.

DK 681.3.022

SOFTWARE

FORTH

INDUSTRIE ROBOTER

Petrulea, M. u.a. : Softwaresystem des spezialisierten Mikrorechners.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 137

Man beschreibt die Software-Bauteile im spezialisierten Mikrorechner eingebaute, als auch den Master der Mikroprozessorstruktur der Steuerungseinheiten der Roboter. Es werden weiterhin die Anwendungsvorteile Forth in den Industrieanwendungen dargestellt,

DK 681.34 : 007.52

KONTROLLE

INTEGRIERTER MIKRORECHNER

INDUSTRIE ROBOTER

Căpălnă, D. : Die Kontrollart eines implémentierten Freiheitsgrades mit einem integrierten Mikrorechner.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 140

In der Arbeit zeigt man dass wegen der Implémentierung der Kontrollart der Bewegung mit einem integrierten Mikrorechner, wird die Anzahl der integrierten Kreisläufe stark verringert und dadurch auch das Volumen und der Energieverbrauch.

DK 620.91 : 007.52

QUELLE

INDUSTRIELLE UMGEBUNG

INDUSTRIE ROBOTER

Băru, E. u.a. : Die Versorgungsart des ECR-03.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 143

In der Arbeit analysiert man die ausgewählte Lösung für die Versorgungsquelle der Steuerungseinheiten für Roboter, eine Lösung die eine Reihe von Aufgaben der Spannungsfilterung, sequentieller Antrieb, auxiliäre Ausgangsspannung vorenthält.

DK 658.56 : 621.3

ZUVERLÄSSIGKEIT

NUMERISCHE REGLER

MIKROPROZESSOREN

Nitu, C. : Methode für die Sicherung der Zuverlässigkeit bei den numerischen Regler mit Mikroprozessoren.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 146

In der Arbeit stellt man die Wichtigkeit der verteilten Hauptsysteme in der Automatisierungprozesse dar. Man beschreibt den numerischen Multikanalregler der die Ausrüstung des ersten ierarhischen Steuerungsniveau ist.

DK 535.34 : 621.318

ENTWURF DER AKTIVEN FILTER

UMWANDLUNG DER KENNGRÖSSEN

KONFIGURATIONSAUSWAHL

Popescu, B. : Entwurf der aktiven Filter, wobei man die integrierte hybride Kreisläufe H 951 und H 952 — universelle aktive Filteranwendet.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, S. 150

In einer logischen Reihenfolge werden die Entwurfsetappen der aktiven Filter beschrieben, wobei man die integrierte, hybride Kreisläufe H 951 und H 952 — universelle aktive Filter — anwendet. Es werden die Kenngrößen des Tiefpassfilters und die Rechnerprogramme für deren Umwandlung beschrieben. Man gibt die Filterkonfigurationen (mit nichtinvertierbarem Eingang, mit invertiertem Eingang und bi-quad an, als auch die entsprechenden Rechenverhältnisse. Man analysiert die Vorsicht die man haben muss sowohl in der Mitte des Frequenzbereichs als auch auf dessen Seiten (sehr kleine oder sehr grosse Frequenzen). Das dargestellte Material beschreibt ein notwendiges Minimum für den Entwurf jeder aktiven Filterkonfiguration.

CONTENTS

DC 621.52 : 539.15

HIERARCHIZED STRUCTURES CONTROL INDUSTRIAL ROBOT

Căpălină, O. : Control unit architecture for the URC industrial robots.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 118

In the present paper the robot control subsystem is generally dealt with; emphasis is laid on the control unit of the individual robots, URC-03.

DC 621.38 : 007.52

INDUSTRIAL ROBOT INTEGRATION FLEXIBLE CELL

Roman, L. : URC integration into a flexible manufacturing cell.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 124

In the paper, the robot control unit (URC III) integration technique, into a flexible manufacturing cell, is presented. This entails an adequate interconnection between the controlled robot and the environment. Solutions for this problem are provided.

DC 621.3 : 007.52

INDUSTRIAL ROBOT INTERFACE DISPLAY DEVICE

Pușca, V.N. : User interface.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 126

In the paper, the user interface in case of the industrial robot control unit, is presented. This module is the means by which man conveys data to the control unit, which in its turn transmits to the user. Hardware and software are generally dealt with.

621.37 : 007.52

MCC/MPP ROBOT MICROPROCESSOR

Ciobolaru, D. a.s.o. : Control module of movement on a freedom degree— device.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 130

In the paper, the robot control unit (URC), a hierarchized multiprocessor system for the control of the maximum 6 degrees of freedom industrial robots, d.c. motor or stepper-driven, is presented.

DC 681.332 : 007.52

SOFTWARE INDUSTRIAL ROBOT

Felmlere, P. a.s.o. : Control module software of a degree of freedom.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 132

In the paper, the module software and the advantage of using simultaneous functions reached by using a discontinuous control technique — the result of the quality control activity (Q.T.C.) for programmed movement control, or of the parallel interface circuits (PIC) with the external signals (travel limiters, proximity limiters) are pointed out to.

DC 681.3.022 : 007.52

SPECIALIZED LANGUAGE FORTH INDUSTRIAL ROBOT

Popa, G. a.s.o. : Programming language for the robot control unit.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 135

The characteristics and facilities of a language specialized for robot applications, are presented. This language has been developed starting from Forth.

DC 681.3.022

SOFTWARE FORTH INDUSTRIAL ROBOT

Petruca, M. a.s.o. : Software system of a dedicated micro-computer.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, p. 137

The software components, implemented on the dedicated microcomputer, the master of the multiprocessor structure of the robot control unit, are presented.

The advantages of using Forth in industrial applications are pointed out to.

DC 681.34 : 007.52

CONTROL INTEGRATED MICROCOMPUTER INDUSTRIAL ROBOT

Căpălină, D. : Control technique of a degree of freedom, implemented by an integrated microcomputer.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 140

The paper points out to the fact that by implementing the movement control technique by means of an integrated microcomputer, the number of the integrated circuits is severely reduced and energy savings are obtained.

DC 620.91 : 007.52

SOURCE INDUSTRIAL ENVIRONMENT INDUSTRIAL ROBOT

Bădu, E. a.s.o. : Supply device for URC-03.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 141

In the paper, a solution for the robot control unit supply source is analyzed. This solution raises a series of problems related to the voltage filtering, sequential starting, auxiliary output voltage, a.s.o.

DC 658.56 : 621.3

RELIABILITY NUMERICAL CONTROLLER MICROPROCESSOR

Nitu, C. : Method for ensuring the reliability of the microprocessor numerical controllers.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 3, August 1988, p. 146

In the paper the importance of the distributed control systems in the automation processes, is underlined. There follows the description of the multichannel numerical controller, that constitutes the main equipment pertaining to the first hierarchical control level.

DC 535.34 : 621.318

ACTIVE FILTER DESIGN PARAMETER TRANSFORM CONFIGURATION SELECTION

Popescu, B. : Active filter design by using the hybrid integrated circuits H 951 and the universal active filters H 952.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, No. 3, August 1988, p. 150

In the paper, the stages of the active filter design, by using hybrid integrated circuits H 951 and the universal active filters H 952, are presented.

The low-pass filter parameters and the computer programs for their transformation, are given. The filter configuration (with non-inverting, inverting and bi-quad input), as well as the corresponding computing relations, are given. The precautions to be taken, both in the middle and the at limits of the frequency range (very low or very high frequencies), are analyzed.

The present paper offers a minimum necessary knowledge for the design of any active filter configuration.

RÉSUMÉ

DC 621.52 : 007.52 : 539.15

STRUCTURE HIÉRARCHISÉE

COMMANDE

ROBOT INDUSTRIEL

Căpălină, O. : Architecture des unités de commande pour robots industriels UCR.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 118

L'article présente généralement le sous-système de commande des robots, mettant un accent particulier sur l'unité de commande des robots individuels UCR-03.

DC 621.38 : 007.52

ROBOT INDUSTRIEL

INTEGRATION

ATELIER FLEXIBLE

Roman, L. : L'intégration de l'unité de commande des robots dans un atelier flexible de fabrication.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 124

L'article présente l'intégration de l'unité de commande des robots (UCR III) dans un atelier flexible de fabrication. Pour cela il faut assurer le système d'interconnexion entre le robot commandé et l'environnement. On y propose des solutions pour ce système d'interconnexion.

DC 621.3 : 007.52

ROBOT INDUSTRIEL

INTERFACE

DISPOSITIF D'AFFICHAGE

Puşca, V.M. : Module d'interface entre l'unité de commande du robot et l'utilisateur.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 126

L'article présente le module d'interface entre l'unité de commande du robot industriel et l'utilisateur. Ce module constitué un dispositif par lequel l'homme peut communiquer des données à l'unité de commande alors que celle-ci, à son tour, transmet des informations à l'utilisateur. On y prend en considération les systèmes matériel et logiciel.

DC 621.37 : 007.52

ROBOT

MICROPROCESSEUR

MOTEUR À C.C./MOTEUR PAS À PAS

Ciobolaru, D. et au. : Module pour commander le mouvement des robots industriels.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 130

On y décrit l'unité de commande pour robots (UCR) constituant un système hiérarchisé à multiprocesseurs et étant utilisée à la commande des robots industriels ayant au maximum six degrés de liberté, entraînés par moteurs à courant continu ou par moteurs pas à pas.

DC 681.332 : 007.52

LOGICIEL

ROBOT INDUSTRIEL

Felmer, P. et au. : Le logiciel du module de commande pour un degré de liberté.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 132

L'article analyse la structure du logiciel soulignant l'avantage de la simultanéité des fonctions réalisées par l'emploi de la technique des interruptions produits soit lors du contrôle technique de qualité (CTQ) effectué afin de contrôler le mouvement programmé, soit moyennant les circuits d'interface parallèle, étant engendrées par des signaux extérieurs (limitateurs de course, limiteurs de proximité).

DC 681.3.022 : 007.52

LANGAGE SPÉCIALISÉ

FORTH

ROBOT INDUSTRIEL

Popa, G. et au. : Langage de programmation de l'unité de commande des robots.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 135

On y présente les caractéristiques et les facilités du langage spécialisé, constitué à partir d'un noyau FORTH, pour applications dans le domaine des robots industriels.

DC 681.3.022

LOGICIEL

FORTH

ROBOT INDUSTRIEL

Petrulea, M. et au. : Le système logiciel du micro-ordinateur spécialisé.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 137

On y présente les composants du système logiciel mis en application sur le micro-ordinateur spécialisé, le système „maître” de la structure à multiprocesseurs de l'unité de commande des robots, soulignant les avantages de l'emploi du langage FORTH dans l'industrie.

DC 681.34 : 007.52

COMMANDE

MICRO-ORDINATEUR INTÉGRÉ

ROBOT INDUSTRIEL

Căpălină, D. : Module pour la commande du mouvement des robots à un degré de liberté, mis en application à l'aide d'un micro-ordinateur intégré.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 140

Dans cet article on démontre comment, grâce à la mise en application du module de commande du mouvement des robots industriels à l'aide d'un micro-ordinateur, on réduit considérablement le nombre de circuits intégrés et, donc, le volume et la consommation d'énergie.

DC 62 : 007.2 : 539.15

SOURCE

MILIEU INDUSTRIEL

ROBOT INDUSTRIEL

Băru, R. et au. : Module d'alimentation des unités de commande pour robots, de type UCR-03.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 143

Dans cet article on analyse la solution choisie pour la source d'alimentation des unités de commande pour robots, solution supposant plusieurs problèmes. Concernant le filtrage de la tension, le démarrage séquentiel et la tension de sortie auxiliaire etc.

DC 658.56 : 621.3

FIABILITÉ

RÉGULATEURS DIGITAUX

MICROPROCESSEURS

Nițu, C. : Méthode pour assurer la fiabilité des régulateurs digitaux à microprocesseurs.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 146

Dans cet article on souligne l'importance des systèmes distribués de conduite dans les processus d'automatisation. On y décrit le régulateur numérique à multicanaux qui constitue l'équipement principal au premier niveau hiérarchique de conduite.

DC 535.34 : 621.318

CONCEPTIONS DES FILTRES ACTIFS

CONVERSIONS DES PARAMÈTRES

CHOIX DE LA CONFIGURATION

Popescu, B. : Conception des filtres actifs à l'aide des circuits intégrés hybrides H 951 et H 952 — filtres actifs à usage général.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, n° 3, août 1988, p. 150

Dans cet article on décrit, dans leur succession logique, les étapes de conception des filtres actifs à l'aide des circuits intégrés hybrides H951 et H952 — filtres actifs à usage général. On y présente les paramètres du filtre passe-bas et les programmes d'ordinateur pour la conversion de ces paramètres. On y analyse les configurations de filtre (à entrée non-inverseuse, à entrée inverseuse et bi-quad) et les relations de calcul correspondantes. On y prend en considération les précautions imposées aussi bien au milieu de la plage de fréquence qu'aux limites de celle-ci (très basses fréquences ou très hautes fréquences). Les données présentées constituent un minimum nécessaire pour concevoir n'importe quelle configuration de filtre actif.

DE 681.3.022
LOGICIEL
PORTIT
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage C. et au : La structure logique du robot ordinaire
leur spécialisée
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 137
On y présente les composants du système logique mis en
application sur le micro-ordinateur spécialisé de système
mobile, de la structure à multiprocesseurs de l'unité de
commande des robots, soulignant les avantages de l'emploi
du langage PORTIT dans l'industrie.
DE 681.3.022:007.52
COMMANDE
MICRO ORDINATEUR INTERNE
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. : Module pour la commande du mouvement
des robots à un degré de liberté, mis en application à l'aide
d'un micro-ordinateur intégré
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 140
L'objet est article on demande comment, grâce à la mise
en application du module de commande du mouvement des
robots industriels à l'aide d'un micro-ordinateur, on réalise
considérablement le nombre de degrés de liberté et, donc,
le volume et la consommation d'énergie.
DE 681.3.022:007.52:026.12
LOGICIEL
MICRO INDUSTRIEL
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. et au : Module d'implémentation des unités de commande
pour robots de type TCR 82
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 144
L'objet est article on demande la solution choisie pour la commande
d'implémentation des unités de commande pour robots robot-
fonctionnant plusieurs problèmes. Concernant le langage
de la solution, le document résume et la façon de sortie
automatique etc.
DE 681.3.022:007.52
LOGICIEL
PORTIT
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage C. et au : La structure logique du robot ordinaire
leur spécialisée
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 137
On y présente les composants du système logique mis en
application sur le micro-ordinateur spécialisé de système
mobile, de la structure à multiprocesseurs de l'unité de
commande des robots, soulignant les avantages de l'emploi
du langage PORTIT dans l'industrie.
DE 681.3.022:007.52
COMMANDE
MICRO ORDINATEUR INTERNE
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. : Module pour la commande du mouvement
des robots à un degré de liberté, mis en application à l'aide
d'un micro-ordinateur intégré
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 140
L'objet est article on demande comment, grâce à la mise
en application du module de commande du mouvement des
robots industriels à l'aide d'un micro-ordinateur, on réalise
considérablement le nombre de degrés de liberté et, donc,
le volume et la consommation d'énergie.
DE 681.3.022:007.52:026.12
LOGICIEL
MICRO INDUSTRIEL
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. et au : Module d'implémentation des unités de commande
pour robots de type TCR 82
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 144
L'objet est article on demande la solution choisie pour la commande
d'implémentation des unités de commande pour robots robot-
fonctionnant plusieurs problèmes. Concernant le langage
de la solution, le document résume et la façon de sortie
automatique etc.

DE 681.3.022:007.52
LOGICIEL
PORTIT
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage C. et au : La structure logique du robot ordinaire
leur spécialisée
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 137
On y présente les composants du système logique mis en
application sur le micro-ordinateur spécialisé de système
mobile, de la structure à multiprocesseurs de l'unité de
commande des robots, soulignant les avantages de l'emploi
du langage PORTIT dans l'industrie.
DE 681.3.022:007.52
COMMANDE
MICRO ORDINATEUR INTERNE
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. : Module pour la commande du mouvement
des robots à un degré de liberté, mis en application à l'aide
d'un micro-ordinateur intégré
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 140
L'objet est article on demande comment, grâce à la mise
en application du module de commande du mouvement des
robots industriels à l'aide d'un micro-ordinateur, on réalise
considérablement le nombre de degrés de liberté et, donc,
le volume et la consommation d'énergie.
DE 681.3.022:007.52:026.12
LOGICIEL
MICRO INDUSTRIEL
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. et au : Module d'implémentation des unités de commande
pour robots de type TCR 82
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 144
L'objet est article on demande la solution choisie pour la commande
d'implémentation des unités de commande pour robots robot-
fonctionnant plusieurs problèmes. Concernant le langage
de la solution, le document résume et la façon de sortie
automatique etc.

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA SI AUTOMATICA“ (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice, apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.) București. Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei, București, Calea Vic-

toriei, nr. 133, telefon 50.40.90, int. 475 și 695, plata abonamentelor făcându-se prin mandat postal pe adresa: I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45—47, București, cont virament nr. 301700301 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare este de 120 lei; nu se fac decît abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Tiparul :
Întreprinderea Poligrafică „Informația“
București, str. Brezoianu nr. 23—25, cd. 2419

DE 681.3.022:007.52
LOGICIEL
PORTIT
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage C. et au : La structure logique du robot ordinaire
leur spécialisée
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 137
On y présente les composants du système logique mis en
application sur le micro-ordinateur spécialisé de système
mobile, de la structure à multiprocesseurs de l'unité de
commande des robots, soulignant les avantages de l'emploi
du langage PORTIT dans l'industrie.
DE 681.3.022:007.52
COMMANDE
MICRO ORDINATEUR INTERNE
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. : Module pour la commande du mouvement
des robots à un degré de liberté, mis en application à l'aide
d'un micro-ordinateur intégré
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 140
L'objet est article on demande comment, grâce à la mise
en application du module de commande du mouvement des
robots industriels à l'aide d'un micro-ordinateur, on réalise
considérablement le nombre de degrés de liberté et, donc,
le volume et la consommation d'énergie.
DE 681.3.022:007.52:026.12
LOGICIEL
MICRO INDUSTRIEL
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. et au : Module d'implémentation des unités de commande
pour robots de type TCR 82
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 144
L'objet est article on demande la solution choisie pour la commande
d'implémentation des unités de commande pour robots robot-
fonctionnant plusieurs problèmes. Concernant le langage
de la solution, le document résume et la façon de sortie
automatique etc.

DE 681.3.022:007.52
LOGICIEL
PORTIT
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage C. et au : La structure logique du robot ordinaire
leur spécialisée
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 137
On y présente les composants du système logique mis en
application sur le micro-ordinateur spécialisé de système
mobile, de la structure à multiprocesseurs de l'unité de
commande des robots, soulignant les avantages de l'emploi
du langage PORTIT dans l'industrie.
DE 681.3.022:007.52
COMMANDE
MICRO ORDINATEUR INTERNE
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. : Module pour la commande du mouvement
des robots à un degré de liberté, mis en application à l'aide
d'un micro-ordinateur intégré
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 140
L'objet est article on demande comment, grâce à la mise
en application du module de commande du mouvement des
robots industriels à l'aide d'un micro-ordinateur, on réalise
considérablement le nombre de degrés de liberté et, donc,
le volume et la consommation d'énergie.
DE 681.3.022:007.52:026.12
LOGICIEL
MICRO INDUSTRIEL
ROBOT INDUSTRIEL
Voyage A. et au : Module d'implémentation des unités de commande
pour robots de type TCR 82
E.E.A. — Automatismes et électronique 32, n° 3, août 1982
p. 144
L'objet est article on demande la solution choisie pour la commande
d'implémentation des unités de commande pour robots robot-
fonctionnant plusieurs problèmes. Concernant le langage
de la solution, le document résume et la façon de sortie
automatique etc.

Tiparul :
Întreprinderea Poligrafică „Informația“
București, str. Brezoianu nr. 23—25, cd. 2419

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Automatica și electronica nr. 3

Activitatea de robotică desfășurată în colaborare cu unități industriale și institute de învățământ superior de I.T.C.I. Filiala Cluj-Napoca

În anul 1984 Facultatea de mecanică a inițiat o colaborare cu ITCI filiala Cluj-Napoca pentru realizarea unității de comandă a robotului REHO1 (robot electro-hidraulic). La acea dată colectivul de robotică din cadrul catedrei de TCM a facultății avea realizat deja a doua variantă de manipulator (subsistemul mecanic și de forță). Rezultatele comune, adică punerea la punct a primului robot cu comandă program la Cluj-Napoca, a constituit punctul de plecare pentru un contract de 2 roboți similari cu Intreprinderea Tehnofrig.

Intreprinderea Tehnofrig a executat pe baza proiectului Institutului politehnic manipulatorul, iar I.T.C.I. a executat unitatea de comandă pe baza proiectului propriu. Roboții realizați la Intreprinderea Tehnofrig au fost denumiți REH 02 datorită faptului că li s-au adus o serie de îmbunătățiri, atât în partea de manipulator cât și în partea de unitate de comandă.

Roboții REH-02 deși au fost gata în trimestrul III 1985, implementarea la prima celulă de fabricație la secția de tablărie a durat până în mai 1986. În cadrul acestei implementări Intreprinderea Tehnofrig a proiectat și realizat cu forțe proprii 3 prese specializate și un dispozitiv de alimentare cu tablă. De asemenea colectivul de electroniști din cadrul atelierului de modernizare a Intreprinderii Tehnofrig a re-proiectat plăcile de comandă a motoarelor pas cu pas într-o variantă mai fiabilă.

Funcționarea primului robot al celei de fabricație de la Intreprinderea Tehnofrig din mai 1986 până acum a permis emiterea unor observații pertinente asupra ansamblului robot.

Cu ocazia reparației capitale a celei flexibile din aprilie/mai 1988 o parte din observații au fost luate în considerare, în special cele referitoare la unitatea de comandă care s-au putut rezolva pe cale software.

Din anul 1987 atât colectivul de robotică al facultății de mecanică cât și colectivul de unități de comandă roboți din cadrul ITCI Cluj-Napoca au lucrat și lucrează la robotul REH-03, care prezintă o serie de îmbunătățiri față de varianta anterioară, REH-02. Beneficiarul acestui robot fiind Intreprinderea Electroceramica, — Turda implementarea lui fiind în curs.

O altă direcție în care se manifestă colaborarea ITCI — Institutul politehnic, este robotizarea instalației de perforat minier IMM-10 produsă de IMMUM Baia Mare. Tot cu IMMUM Baia Mare, ITCI Cluj colaborează direct la robotizarea manipulatorului de sectoare calde MS-500.

În cadrul Intreprinderii Tehnofrig se are în vedere colaborarea cu ITCI pentru automatizarea instalației de tăiere cu flacăra.

Se pun astfel bazele unei temeinice activități de robotizare în mai multe întreprinderi și ramuri industriale

Dr. Munlean Emil

I.C.S.I.T. — T.C.I. Filiala Cluj-Napoca

CZ 621—58:007.52:539.15

STRUCTURA IERARHIZATĂ
CONTROL
ROBOT INDUSTRIAL

Arhitectura unităților de comandă a roboților industriali-UCR

OCTAVIAN CĂPĂȚINĂ, ANDREI HERMAN *

Introducere

Precizăm că vom considera „robotul” un sistem format din patru subsisteme: subsistemul mecanic, subsistemul de forță, subsistemul de comandă și subsistemul senzorial; ansamblul subsistemelor mecanic și de forță îl numim partea de manipulator al robotului. Partea de manipulator dintr-un robot se deosebește de un manipulator clasic prin faptul că-i lipsește rudimentele de comandă ale acestuia din urmă. În continuare ne vom ocupa în general de subsistemul de comandă al roboților și în mod special de o realizare a noastră, unitatea de comandă a roboților industriali UCR 03.

1. Structuri ierarhizate

Structura ierarhică a subsistemelor de comandă a roboților este de acum larg acceptată de specialiști ca un concept de bază în acest domeniu [1], [2], [3] etc. În [3] se pune în evidență că abordarea ierarhizată este legată de sistemele mari și complexe, dar se subliniază că deși dimensionalitatea mare este o caracteristică importantă, chiar și în lipsă ei un sistem poate fi considerat drept complex, dacă sunt prezente celelalte caracteristici care „complică” sau care fac imposibilă sau neeconomică o abordare globală.

După părerea noastră trebuie mers chiar mai departe pentru a explica necesitatea descentralizării în cadrul unei ierarhii; astfel, complexitatea din [3] trebuie legată stins de factorul timp. Conducerea unei activități relativ simple într-o unitate de timp devine foarte complexă dacă aceeași activitate trebuie făcută de exemplu într-o unitate de timp de 100 de ori mai mică.

În concluzie putem spune că abordarea ierarhică este legată de sisteme mari, complexe sau în general orice sistem chiar și mic, unde o abordare globală este imposibilă fie datorită problemelor de reglaj în timp real, fie din considerente economice.

În continuare ne vom referi numai la acele ierarhii care permit la nivelele inferioare o oarecare autonomie în decizie, adică sunt descentralizate. Într-o astfel de ierarhie, centrele

de decizie se ocupă de aspecte mai puține dar mai generale decât centrele de decizie aflate pe un nivel inferior. Nivelele inferioare au probleme mai multe, care deși mai simple variază mai repede. Ca urmare o primă cerință față de aceste centre de decizie de la nivelele inferioare este viteza de reacție.

Ierarhiile care nu permit descentralizarea nu se întâlnesc în domeniul tehnic, ele fiind absurdități, fie cazuri pur teoretice.

În domeniul tehnic ierarhizarea este necesară, pe scurt, datorită:

- capacității limitate de decizie a unui centru de decizie;
- capacității limitate de comunicație și informare;
- rezistenței la perturbații a sistemului ca întreg;
- eficienței ridicate (paralelismul anumitor activități).

De asemenea ierarhizarea este calea prin care orice proiectant încearcă să stăpânească și să reducă complexitatea sistemului [5]. Conducerea unui sistem complex se descompune în felii (nivele) care pot fi ușor de stăpinit.

2. Alegerea structurii unității de comandă hardware și software

Din considerentele de ordin general arătate mai sus, s-a plecat de la o structură ierarhizată. Experiența câștigată de autori, cu ocazia punerii în funcțiune a roboților REH-02 (I.P. Cluj-Napoca), REH-03 (Tehnofrig Cluj-Napoca), REH-03M (Electrocaramida), ne permite să considerăm ca o structură ierarhică verticală pe 2 nivele este suficientă pentru implementarea de roboți din generația 1,5-2 conform clasificării date de profesor M. Drăgănescu (tab. 1).

O astfel de structură satisface pe lângă controlul mișcărilor diferitelor axe de mișcare și integrarea robotului într-o celulă flexibilă de fabricație, în sensul că nivelul superior (master) permite pornirea/oprirea mașinilor-unelte, benzilor transportoare, dispozitivelor de alimentare și sincronizarea acestora cu robotul propriu-zis.

În figura 1 se prezintă schema bloc a subsistemului de comandă a roboților, dezvoltată la I.T.C.I. Cluj-Napoca, numit și UCR, adică schema ierarhică verticală pe două nivele.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnica de Calcul și Informatică-Filiala Cluj-Napoca.

TABELUL 1

GENERAȚIA	TIPUL	PROGRAMARE	SENZORI	INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ INCORPORATĂ
1	2	3	4	5
manipulator cu secvență fixă (robot de generația 0)	robot secvențial fix robot secvențial variabil	realizează numai o secvență fixă de mișcare la care secvența poate fi schimbată	—	—
robot de generația 1	robot repetitor	cu programare netextuală, prin învățare de către un operator uman; este reprogramabil	eventual cu senzori mecanici	—
	robot programabil (similar mașinilor unelte cu control numeric)	cu programare textuală prin limbaje de nivel înalt; reprogramabil		—
robot de generația 2	robot programabil cu senzori mecanici, optici etc.	cu programare textuală	cu senzori mecanici și optici de recunoaștere a formelor +vedere artificială	subsistemul de vedere artificială încorporează inteligență artificială
		cu programare vorbită	+sistem de recunoaștere a vorbirii	dacă vorbirea este restricționată ca număr de cuvinte și ca distanță în timp între pronunțarea a două cuvinte, atunci nu este obligatoriu utilizarea procedurilor de inteligență artificială; în cazuri contrarii, vorbire fluentă și tinzând către libajul natural curent, da.
robot de generația 3-a (robot cognitiv)	robot programat dar și cu învățare inteligență artificială, cu senzori mecanici și vedere artificială.... +comenzi verbale	funcționează pe baza programelor de inteligență artificială încorporate	idem	utilizează inteligență artificială drept rezolvarea problemelor și planificarea acțiunii robotului; de asemenea pentru vederea artificială deși ar putea utiliza numai recunoașterea optică a formelor
robot de generația 4-a (robot cognitiv cu vorbire)	idem +comenzi și răspunsuri verbale în limbaj aproape natural	idem	idem	idem + inteligență artificială pentru înțelegerea vorbirii și formularea de răspunsuri în limbaj aproape natural

Nivelul superior constă dintr-un microcalculator specializat care asigură interfața **OM-MAȘINĂ** printr-un software cu facilități de introducere și editare a programelor, selectarea modului de lucru, a terminalului etc. Programele sînt scrise într-un limbaj de nivel intermediar definit special în acest scop. Se asigură posibilități de execuție în mod manual în regim interpretativ sau în mod program, adică execuția codului compilat. Și în acest mod există posibilitatea execuției în regim pas cu pas sau rulare.

Tot la acest nivel se asigură și interfața **MAȘINA-MEDIU** prin intermediul unui număr de 16 căi de intrare/ieșire.

Coordonarea activității de la nivelul inferior se realizează printr-o interfață de comunicație a cărui software asigură transmiterea comenzilor de la master la slave precum și eulgearea răs-

punsurilor și transmiterea lor către programul de comandă.

Nivelul inferior constă dintr-o serie de module de control al mișcării pe un grad de libertate. Numărul acestor module este egal cu numărul gradelor de libertate ale manipulatorului pe care s-a implementat UCR-ul.

Modulul de control al mișcării primește comenzi de mișcare pe respectiva axă de la nivelul superior, condițiile de viteză și toleranța în care se execută mișcarea, după care comunică modul cum a încheiat respectiva mișcare. În afară de comenzi de mișcare, poate primi și comenzi de inițializare (aducerea organului mobil al axei într-o poziție predeclarată zero) și de căutare (atingerea unei poziții sesizate printr-un detector de proximitate).

Cerințele de bază față de un modul de control al mișcării sînt:

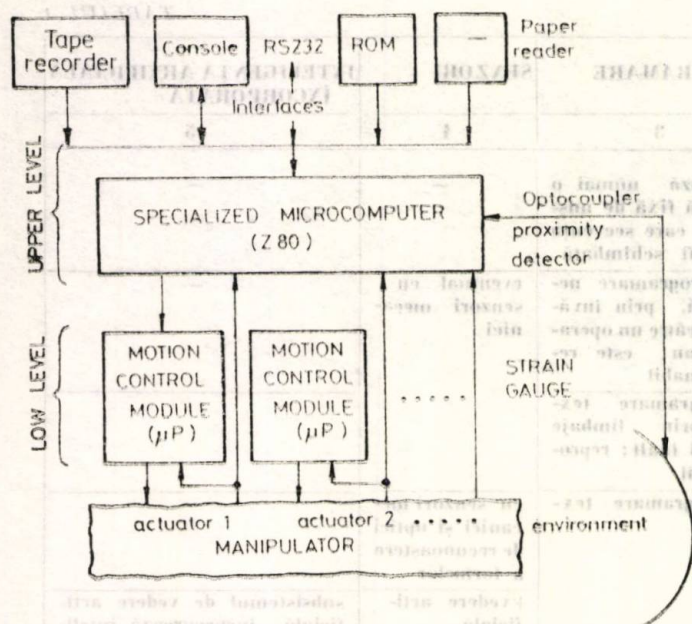


Fig. 1. Arhitectura ierarhizată a UCR.

— să permită controlul manipulatorului indiferent de tipul motorului: motor de curent continuu sau motor pas cu pas (în buclă închisă sau deschisă);

— să se poată „mula” pe un manipulator dat: cu alte cuvinte modulul trebuie să aibă în memorie informația despre comportarea dinamică a manipulatorului [6];

— să permită dezvoltări ulterioare cu minimum de modificări hardware;

să fie suficient de mic în ceea ce privește spațiul și consumul de energie pe de o parte, iar pe de altă suficient de sigur în exploatare.

Aceste cerințe de ordin general pot fi atinse numai printr-un hardware programabil, adică folosind un sistem microprocesor [4]. Introducerea microprocesorului la nivelul inferior este absolut necesară pentru noi ca proiectanți de unități de comandă pentru roboți, spre deosebire de proiectanții de roboți, care-și pot permite luxul de a construi comanda pentru un manipulator. Unitățile noastre de comandă sunt concepute să se muleze pe manipuloare făcute de alții și care evident diferă între ele.

Microprocesorul introdus la acest nivel între manipulator și master (fig. 1) asigură acea flexibilitate necesară mularii întregii unități de comandă pe un manipulator dat. Flexibilitatea constă din „acordarea soft” a modulului.

Am ajuns astfel la o unitate de comandă a roboților având ca structură un sistem multi-procesor ierarhizat vertical pe două nivele.

Pentru ca argumentele de mai sus să fie susținute până la capăt, și structura software-ului este concepută în același mod.

Sistemul de programe a unității de comandă efectă în mare măsură structura distribuită

și ierarhică a hardware-ului. Această structurare poate fi urmărită atât sub raport fizic, adică în funcție de distribuția programelor în diferitele componente fizice ale sistemului, cât și sub raport logic, funcțional.

Figura 2 reprezintă acest din urmă punct de vedere.

În acest fel sistemul de programe de la nivelul ierarhic superior asigură funcțiile de coordonare și de interfață cu mediul uman și tehnologic, în timp ce nivelul inferior asigură viteza de reacție și funcțiile de control efectiv a stării și mișcării manipulatorului.

Descentralizarea (distribuția) funcțiilor dă posibilitatea ca la modificarea sau chiar schimbarea manipulatorului, modificările operate în unitatea de comandă să se reducă la schimbări numai la nivelul ierarhic inferior și de preferință în software. Se asigură astfel o flexibilitate deosebită a unității de comandă,

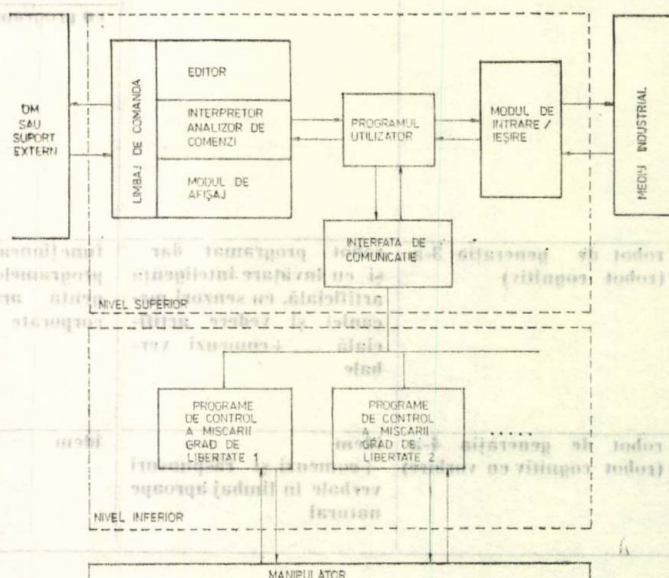


Fig. 2. Structura software-ului UCR-ului.

cu un grad ridicat de adaptabilitate la diferite tipuri de manipuloare.

Legătura dintre cele două nivele ierarhice este asigurată de interfața de comunicație. Din punct de vedere software, interfața de comunicație asigură pe de o parte **paralelismul** funcționării componentelor de la nivelul inferior (gradele de libertate), iar pe de alta, sincronizarea lor cu programul executat de nivelul superior.

3. Microcalculatorul specializat — nivelul superior

Microcalculatorul specializat constă din:

1 — o placă de unitate centrală cu microprocesor **Z80** (placă **M80-UC** produsă de Microelectronica) care conține următoarele resurse: **16 Ko RAM** dinamic, **1Ko RAM** static, **10 Ko EPROM**, circuite de intrare/ieșire paralelă (PIO), un circuit de ceas (CTC) și un circuit de comunicație serială (SIO),

2 — o placă de extensie care conține **16 Ko RAM CMOS** pe baterie, **8 (32) Ko EPROM** (funcție de tipul de circuit folosit 2716, 2732 sau 2764), **8** căi de intrare prin optocuploare și alte **8** căi având masa comună, **8** căi de ieșire prin optocuploare și alte **8** căi cu masă comună și

3 — o placă de panou de comandă și afișaj. Această placă permite atașarea unei claviaturi de maximum 8×8 taste și afișarea alfanumerică a **16** caractere. Afișarea are un dublu scop: pe o parte se afișează de către microcalculator comenzile și parametri tastați și reprezintă o reacție utilă operatorului uman, iar pe de altă parte reprezintă un mod de comunicare de către microcalculator a condițiilor în care se execută programele (corect, cu erori, poziția diferitelor axe de mișcare etc.). Tot pe această placă s-a implementat **8 Ko RAM CMOS**, **4 (16) Ko EPROM** și terminatorul de magistrale.

Pe magistralele microcalculatorului, în ser-tar, mai există o poziție rezervată pentru placa de depanare care însă nu aparține microcalculatorului și servește numai la punerea în funcțiune și la depanare.

Pe acest microcalculator s-a implementat nucleul limbajului **FORTH**, adaptat posibilităților hardware creindu-se astfel o mașină, virtuală **FORTH**.

Pornind de la aceasta a fost definit un limbaj de programare a robotului, care având sintaxa și semantica unui limbaj de nivel mediu, asigură posibilități comode de specificare a funcționării robotului.

Programul de comandă a robotului se poate introduce sub controlul unui **EDITOR** cu facilități de punere la punct pentru a obține textul sursă. Acesta poate fi catalogat pe suport extern (casetă magnetică sau bandă perforată), și reincărcat de pe bandă de hirtie, interfața serială, consola, caseta magnetică sau din EPROM prin comenzi specifice. De asemenea este posibilă funcționarea în regim manual, instrucțiunile fiind în acest caz interpretate și executate independent, sau în regim program, caz în care textul sursă este compilat, putând fi lansat în execuție normală (modul obișnuit de funcționare) sau în execuție pas cu pas pentru testare și depanare.

Toate componentele software de la acest nivel au fost scrise în limbajul **FORTH** care are facilități deosebite pentru acest tip de aplicații (articolul Sistemul software al microcalculatorului specializat — Mirela Petrulea, Greta Popa, Bogdan Bunea din revistă).

Pe de altă parte, comunicația cu nivelul inferior se realizează prin intermediul interfeței de comunicație software scrisă în limbaj de asamblare **Z80** pentru a se putea adapta interfeței hardware și a asigura viteza de lucru necesară.

4. Modulul de control a mișcării

Așa cum s-a arătat în paragraful 2 modulul trebuie conceput ca o structură microprocesor din considerente de flexibilitate, adaptare, dezvoltare, siguranță în funcționare, volum, consum și preț redus. Realizările noastre anterioare în acest domeniu [7] constau dintr-un hardware programabil direct de către nivelul superior pentru modulul de control a mișcării. Acest prim modul o dată programat, controla atingerea cotei pe respectiva axă de mișcare. Acest proiect are dezavantajul inflexibilității. Și funcțiile robotului și caracteristicile manipulatorului sînt susceptibile de modificări cu scopul îmbunătățirii performanțelor sau al adaptării în timpul implementării într-o celulă flexibilă de fabricație.

Prin construirea modulului pe bază de microprocesor se atinge și scopul esențial al arhitecturii descentralizate și anume autonomia. Modulul primește de la nivelul superior viteza de lucru, toleranța admisă și cota ce trebuie atinsă. Pe baza acestor date și pe baza poziției curente acest modul controlează atingerea cotei prescrise fără intervenția nivelului superior. La atingerea cotei, modulul comunică nivelului superior terminarea în bune condiții a mișcării. Dacă nu se atinge cota prescrisă, dar poziția atinsă se află în marjă de toleranță prescrisă, se consideră o terminare corectă. La o nouă mișcare comandată, modulul ia în considerare abaterea precedentă și încearcă atingerea noii cote absolute prescrise. Toleranța prescrisă poate fi zero. Dacă cota atinsă nu se încadrează în limitele toleranței admise, modulul ia singur decizia de corectare a poziției și de încadrare în toleranța prescrisă. Se pot încerca un număr de astfel de corecții după care, în caz de nereușită modulul comunică masterului un cod de eroare.

O caracteristică importantă a modulului de control a mișcării e faptul că admite comenzi de căutare a poziției. În comandă se specifică sensul de căutare în funcție de care modulul validează unul sau altul din detectorii de proximitate montați pe respectiva axă; se comandă mișcarea în sensul dorit și se oprește la atingerea detectorului de proximitate, după care modulul comunică masterului cota atinsă.

În figura 3 se prezintă schema bloc a modulului de control a mișcării, detalii fiind prezentate în articolul „Modulul de control a mișcării pe un grad de libertate” (D. Ciubotaru din revistă). Necesarul de memorie RAM pentru nevoile modulului expuse mai sus este foarte mic,

alegerea arhitecturii acestei interfețe se realizează și sincronizarea programului de comandă a robotului cu mișcările fizice ale manipulatorului.

Interfața permite alături de setul de comenzi ales, interpolarea spațială, adică deplasarea pe o traiectorie rectilinie în spațiu în cazul unui manipulator cartezian. Pentru exemplificare să considerăm că sintem în plan în punctul de origine $O(0,0)$ și printr-o comandă de mișcare vrem să atingem punctul $P(200, 1000)$. Dacă vitezele pe axele X și Y sînt egale, traiectoria deschisă de dispozitivul de prehensiune este cea notată cu $T1$ în figura 4. Prin comenzile de fixare a vitezei pe fiecare axă în parte putem programa pentru axa X , $V_x = V_{max}$, iar pentru axa Y , $V_y = V_{max}$; $\frac{Dx}{Dy}$ (în cazul particular prezentat $V_x = V_y/50$). În aceste condiții traiectoria descrisă $T2$, este segmentul de dreaptă OP .

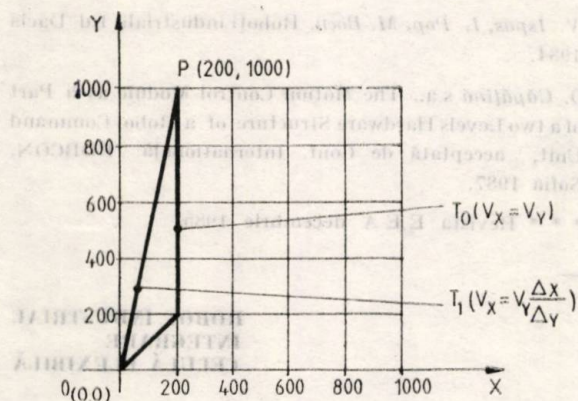


Fig. 4. Controlul traiectoriei.

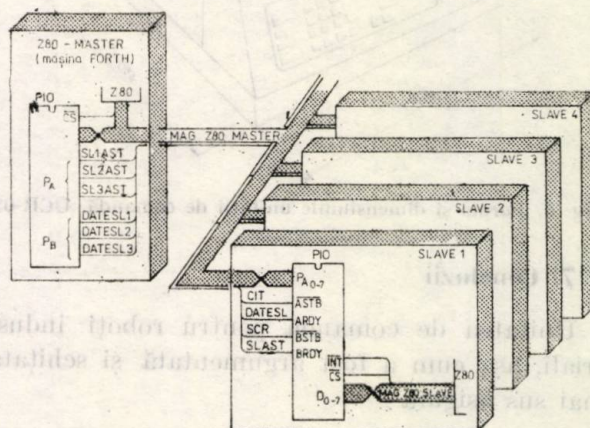
Totodată interfața asigură integritatea sistemului, detectînd defecțiunile ce pot să apară în funcționarea manipulatorului, la nivelul modulelor de control a mișcării sau a interfețelor hardware, înștiințînd masterul în legătură cu aceste evenimente.

În tabelul 2 se prezintă codurile comenzilor masterului, împreună cu ceilalți parametri,

cu scopul de a pune în evidență cantitatea de informații vehiculată pe interfața master-slaveuri.

Din parcurgerea tabelului 2 rezultă că transferul de informație master-slave-uri este redus și prin urmare sistemul microprocesor poate fi de tipul slab cuplat. Din tipurile întâlnite de sisteme multiprocesor slab cuplate, la care comunicația se face prin intermediul unei memorii FIFO, interfața serială sau printr-o „cutie poștală” (registru paralel), s-a optat pentru această ultimă variantă datorită ușurinței implementării.

Figura 5 ilustrează în detaliu modul în care s-a implementat interfața multiprocesor.



implementarea unui nucleu **FORTH** pe placa de unitate centrală a microcalculatorului (**M80-UC**) ceea ce a permis implementarea limbajului intermediar [7] într-o formă mai evoluată, folosind facilitățile limbajului **FORTH** și cu perspective de dezvoltare.

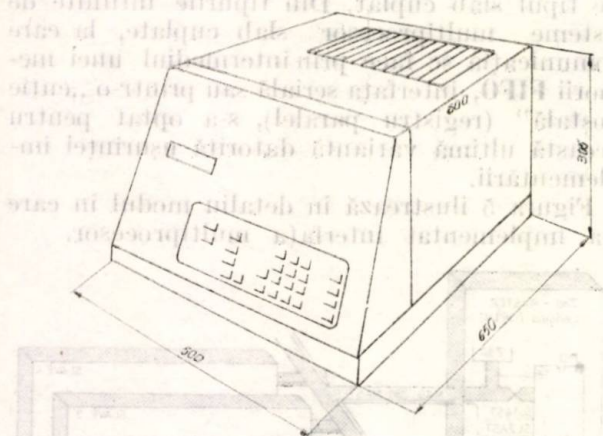


Fig. 6. Forma și dimensiunile unității de comandă. UCR-03.

7. Concluzii

Unitatea de comandă pentru roboți industriali, așa cum a fost argumentată și schițată mai sus asigură:

- flexibilitatea la interfața cu manipulatorul,
- posibilitatea implementării de noi funcții atât la nivelul superior cât și la cel inferior,
- integrarea unității într-o celulă flexibilă de fabricație,
- posibilitatea atașării la un sistem de calcul cu rol de conducere și planificare a fabricației.

Bibliografie

- [1] M. Drăgănescu. A doua revoluție industrială. Ed. Tehnică 1980.
- [2] J. Albus. Brains, Behavior and Robotics, Byte Books.
- [3] M. Guran, F. Filip. Sisteme ierarhizate în timp real cu prelucrarea distribuită a datelor. Ed. Tehnică 1986.
- [4] O. Căpățînă, Hardware Structure of a Robot Command Unit, acceptată de cea de-a 31 Conf. Jurema Zagreb-1986.
- [5] V. Ispas, I. Pop, M. Bocu. Roboți industriali, Ed. Dacia 1984.
- [6] O. Căpățînă s.a.. The Motion Control Module as a Part of a two Levels Hardware Structure of a Robot Command Unit, acceptată de Conf. Internațională ROBCON, Sofia 1987.
- [7] * * * Revista E.E.A decembrie 1985.

CZ 621.38 : 007.52

**ROBOT INDUSTRIAL
INTEGRARE
CELULĂ FLEXIBILĂ**

Integrarea UCR 03 într-o celulă flexibilă de fabricație

LUCIA ROMAN* — Cluj-Napoca

Introducere

O celulă flexibilă de fabricație cuprinde o grupare de mașini-unelte și roboți, capabilă să execute o gamă mai generală de lucrări. Existența unei mari varietăți de organizare a celulelor flexibile de fabricație impune analiza unei structuri particulare de celulă flexibilă (fig. 1).

Integrarea unității de comandă pentru robot (**UCR 03**) într-o celulă flexibilă de fabricație presupune asigurarea sistemului de interconectare între robotul comandat și mediul exterior lui. Complexitatea acestui sistem poate determina performanțele robotului comandat, limitarea lui reducând implicit posibilitățile de integrare.

1. Sistemul de interconectare

UCR 03 este un sistem multiprocesor ierarhizat, organizat pe două nivele (**MASTER** —

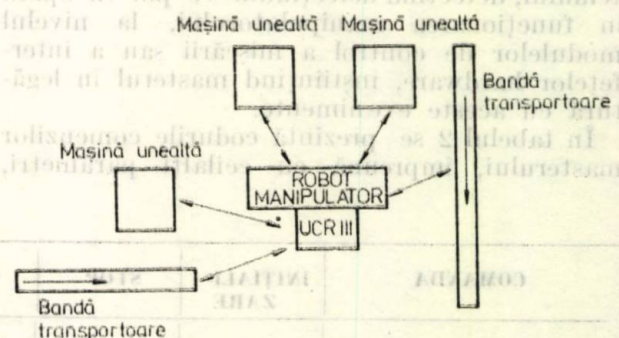


Fig. 1. Celulă flexibilă de producție.

SLAVE), sistem dispunând de facilități hardware și software care rezolvă interconectarea robot — mediu exterior. Nivelul superior, **MASTER-ul**, constituit din microcalculatorul specializat, coordonează conexiunile și cu exteriorul. Totuși, unele probleme, cum ar fi cele le-

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnica de Calcul și Informatică-Filiala Cluj-Napoca.

gate de originea și de limitatorii de cursă ai robotului, fiind strâns legate de mișcarea acestuia, se rezolvă la nivelul inferior, al **SLAVE-urilor**. La fel se rezolvă și funcția de căutare a robotului (una dintre cele mai mari facilități care asigură integrarea în mediu), în care deși comanda este a **MASTER-ului**, în momentul validării detectorilor de proximitate ea este preluată de **SLAVE**. Din punct de vedere hardware, **UCR 03** este echipată cu o placă pentru intrări/ieșiri, prin care se asigură interfața între unitatea de comandă, robot și componentele celulei flexibile de fabricație. Placa de intrări/ieșiri este de format dublu Eurocard prelungit. Realizarea plăcii permite echiparea ei cu optocuploare, fiind disponibile 12 semnale de intrare și 16 semnale de ieșire. Optocuploarele folosite sînt de tip MB104 sau MB111 (fig. 2).

Pentru semnalele de **IEȘIRE** se fac conexiunile **OUTK** cu **OUTC** la optocuploarele **MB 104** și **OUTT** cu **OUTC** la **MB 111**. Pentru semnalele de **INTRARE** se fac conexiunile **INT**

nente ale celulei flexibile de fabricație. Semnalele de **IEȘIRE** vor comanda noi stări (pornit, oprit, regim de lucru) ale componentelor celulei.

Conectarea **UCR 03** cu componentele celulei permite testarea stării acestora, și în funcție de informația primită, forțează ieșirile la valori care să comande în mod corespunzător noile stări și să adapteze mișcările robotului. Astfel se poate comanda starea inițială a tuturor componentelor celulei flexibile de fabricație, iar în timpul ciclului de operații care se execută, să se comande pornirea benzilor transportoare, pornirea/oprirea mașinilor, prinderea/eliberarea pieselor, așteptarea executării operației specifice mașinii asupra pieselor sau evacuarea pieselor. Coordonarea cu mișcările robotului este asigurată prin validarea unei noi mișcări, în funcție de testele de pe intrări și ieșiri.

Din punct de vedere software, **UCR 03** dispune, în cadrul limbajului specializat de robot, de instrucțiuni de comandă pentru **INTRĂRI/IEȘIRI**.

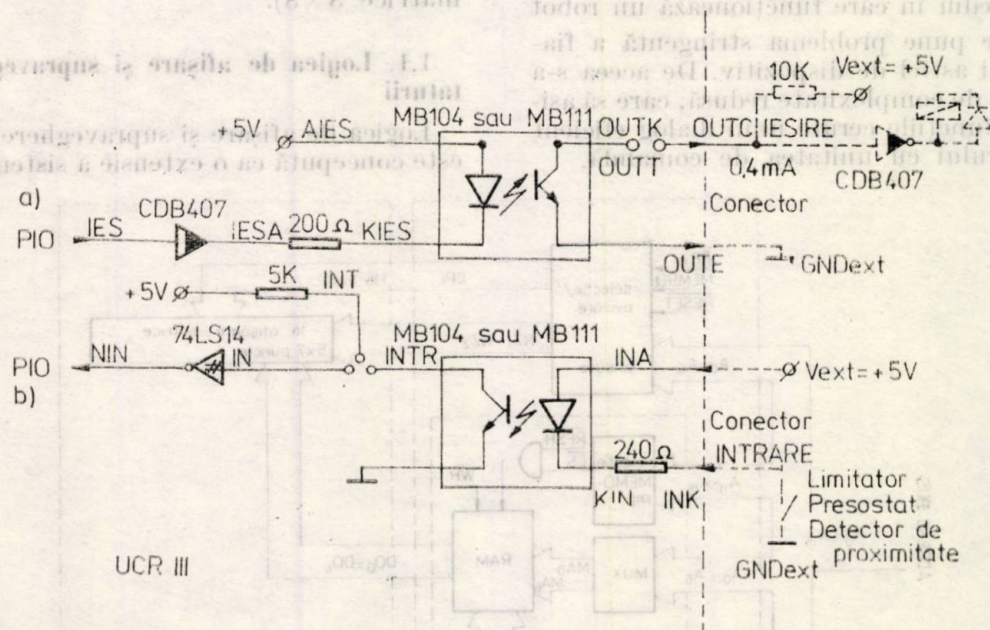


Fig. 2. Modul de interfațare pentru INTRĂRI/IEȘIRI.

cu **IN** la **MB104** și **INTR** cu **IN** la **MB111**. Cuplarea cu exteriorul se face conform figurii 2. Este necesară o sursă exterioară de +5V c.e. care să asigure **GNDext** și **Vext**. Semnalele de **IEȘIRE** livrate de optocuploare se amplifică și se utilizează apoi pentru comanda unui relee. Punerea la masă a semnalelor **INTRARE** se poate face prin contactul unui limitator, presostat, detector de proximitate. În ambele cazuri există decuplare galvanică între semnalele de pe placă și cele din exterior. Toate semnalele de pe placă sînt amplificate și deparazitate.

Semnalele de **INTRARE** pot da informații despre starea mașinilor-unelte, benzilor transportoare, meselor indexate sau a altor compo-

2. Concluzii

Executarea corectă a operațiilor prevăzute prin programare pentru un produs este determinată de fiabilitatea și extinderea sistemului de interconectare din celula flexibilă de producție. **UCR 03** permite o integrare ușoară a robotului determinînd creșterea flexibilității, supleței celulei de producție.

Bibliografie

- [1] M. Drăgănescu. A doua revoluție industrială. Micro-electronica, automatica, informatica — factori determinanți. București, Editura tehnică, 1980.

CZ 621.3 : 007.52

ROBOT INDUSTRIAL INTERFAȚĂ DISPOZITIV DE AFIȘARE

Modul de interfață cu utilizatorul.

MIRCEA — VALER PUȘCĂ * — Cluj-Napoca

Introducere

Modulul de interfață cu utilizatorul, al unității de comandă a robotului industrial, permite stabilirea și desfășurarea unui „dialog” om-mașină, modulul constituind de fapt dispozitivul prin care omul poate comunica date unității de comandă, iar aceasta la rândul ei comunică date spre utilizator. Principial, un astfel de modul necesită un dispozitiv de afișare alfanumeric și o tastatură. Ținându-se cont de condițiile de mediu în care funcționează un robot industrial se pune problema stringentă a fiabilității unui astfel de dispozitiv. De aceea s-a ales o soluție de complexitate redusă, care să asigure totuși funcțiile cerute unui dialog eficient al utilizatorului cu unitatea de comandă.

1. Considerații hardware

Din punct de vedere constructiv, modulul de interfață cu utilizatorul se compune din două părți (fig. 1):

a.) Logica de afișare a caracterelor pe DISPLAY, precum și logica de supraveghere a tastaturii:

b.) **DISPLAY** (matrice de LED-uri punctiforme) pentru 16 caractere alfanumerice și **TASTATURA** (un câmp de taste dispuse într-o matrice 8×8).

1.1. Logica de afișare și supraveghere a tastaturii

Logica de afișare și supraveghere a tastaturii este concepută ca o extensie a sistemului micro-

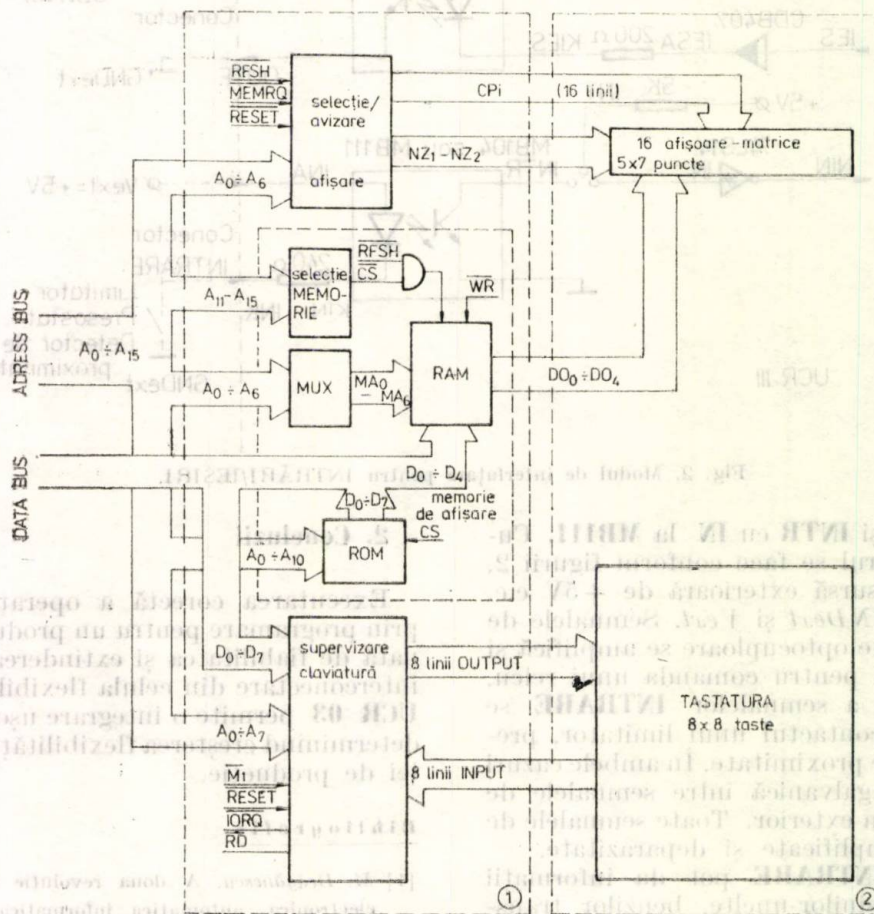


Fig. 1. Schema bloc a modului de interfață cu utilizatorul.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnică de Calcul și Informatică — Filiala Cluj-Napoca

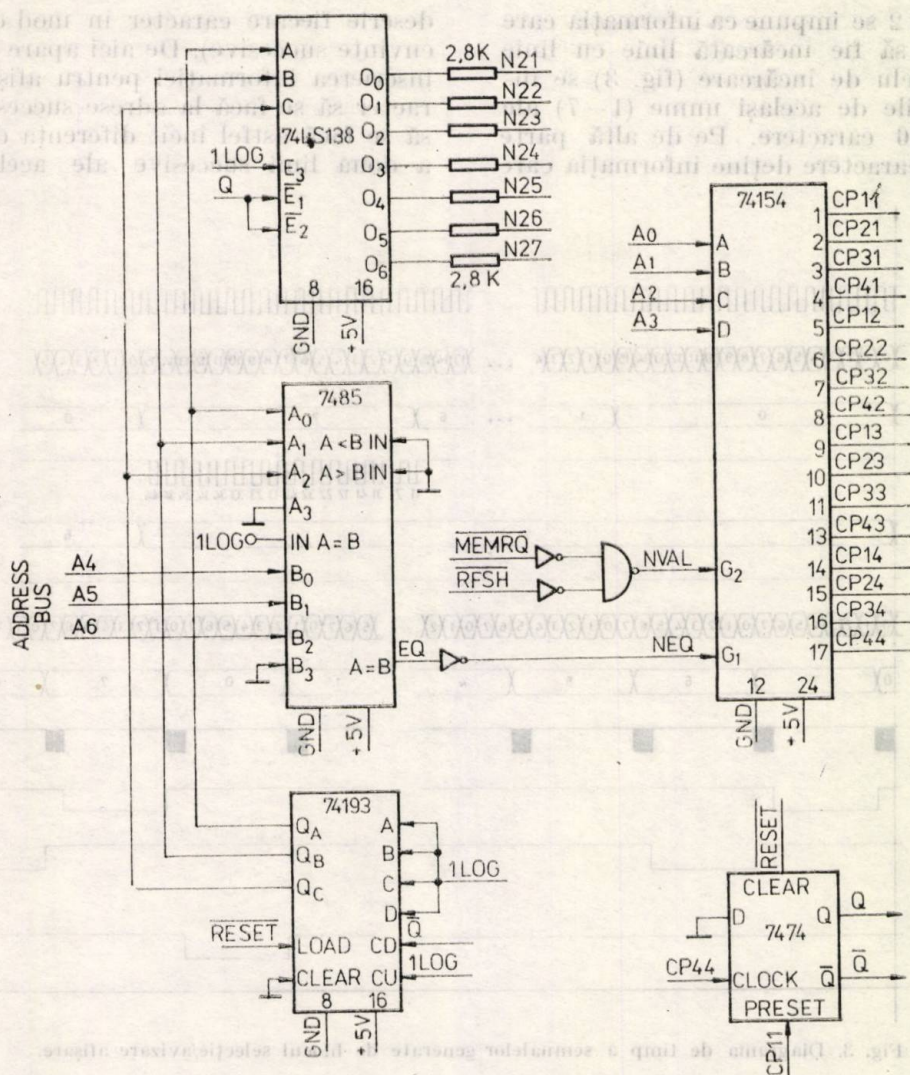


Fig. 2. Blocul de selecție/avizare al afișării.

procesor **MASTER**, fiind realizată pe o placă format dublu Eurocard prelungit (conform tipologiei M80-Microelectronica), care se conectează pe **BUS-ul** sistemului. Schema hardware cuprinde mai multe blocuri funcționale și anume:

a) blocul de „selecție/avizare afișare” (fig. 2) generează semnalele de comandă pentru partea de afișare conform diagramei de timp din figura 3.

Decodificatorul 74154 realizează decodificarea liniilor de adrese **A0**, **A1**, **A2**, **A3** pe ciclul de **REFRESH** al memoriei și la coincidența între adresele **A4**, **A5**, **A6** și ieșirile **QA**, **QB**, **QC** ale număratorului 74193 (care numără înapoi pe semnalul **Q** al bistabilului 7474), generând semnalele **CP_i** care validează înscriserea informației în **LATCH** — urile afișoarelor **VQC-10**.

Decodificatorul 74138 generează (prin decodificarea semnalelor **QA**, **QB**, **QC**) semnalele **NZ_i** de activare a unei linii la afișoarele **VQC-10**.

b) blocul de „memorie de afișare” care dispune de: o memorie de tip **RAM** (având capacitatea de 1024 cuvinte a 5 biți); o memorie de tip **EPROM** (2 koeteți), care cuprinde generatorul de caractere precum și programul aferent modulului de interfață; circuitele de multiplexare a adreselor (fig. 4).

Multiplexarea adresei pentru memoria **RAM** a devenit utilă datorită funcției pe care o are această memorie și anume aceea de a permite înscriserea în ea a informației ce urmează a fi afișată pe **DISPLAY** (microprocesorul poate să facă doar înscriserea nu și citirea acestei memorii) și punerea pe **BUS-ului** intern (**D0₀-D0₄**) a informației înmagazinată în vederea afișării. Deoarece funcționarea afișoarelor **VQC-10** permite afișarea simultană a informației memorată de fiecare din cele 16 dispozitive de afișare

a **DISPLAY**-ului 2 se impune ca informația care se vizualizează să fie încărcată linie cu linie astfel: la un ciclu de încărcare (fig. 3) se încarcă toate liniile de același nume (1—7) ale tuturor celor 16 caractere. Pe de altă parte generatorul de caractere deține informația care

descrie fiecare caracter în mod compact (pe 7 cuvinte succesive). De aici apare necesitatea ca înscrierea informației pentru afișarea unui caracter să se facă la adrese succesive iar citirea să se facă astfel încât diferența dintre adresele a doua linii succesive ale aceluiași caracter

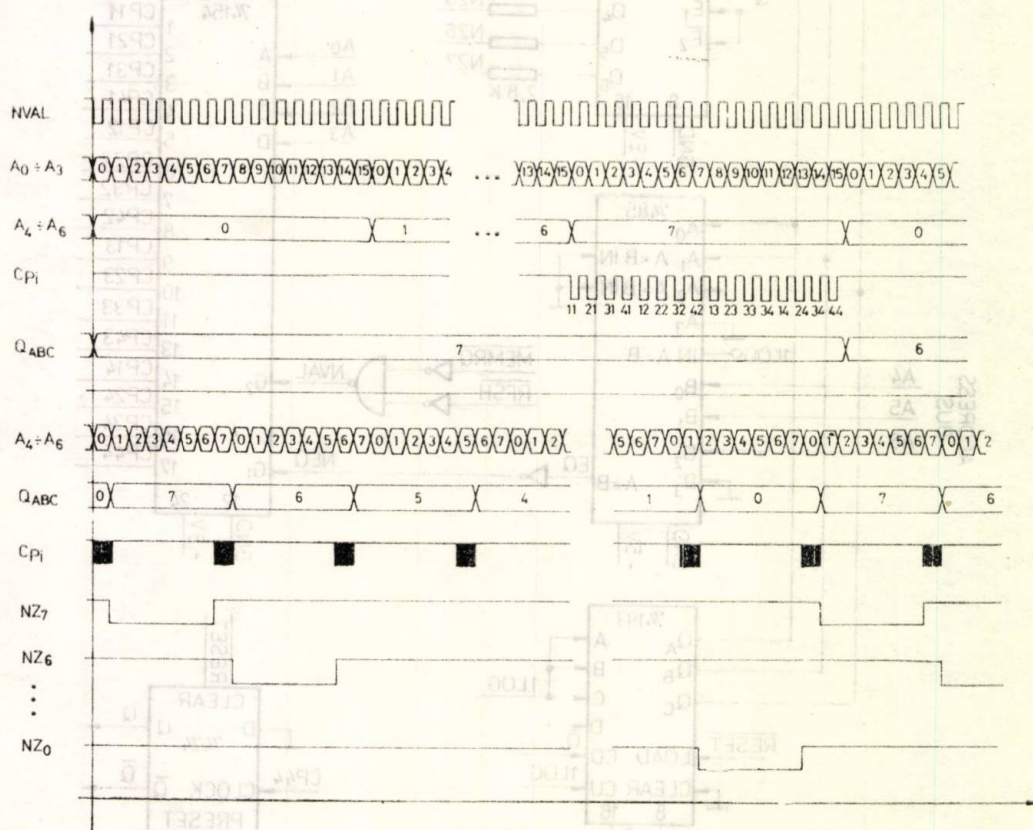


Fig. 3. Diagrama de timp a semnalelor generate de blocul selecție/avizare afișare.

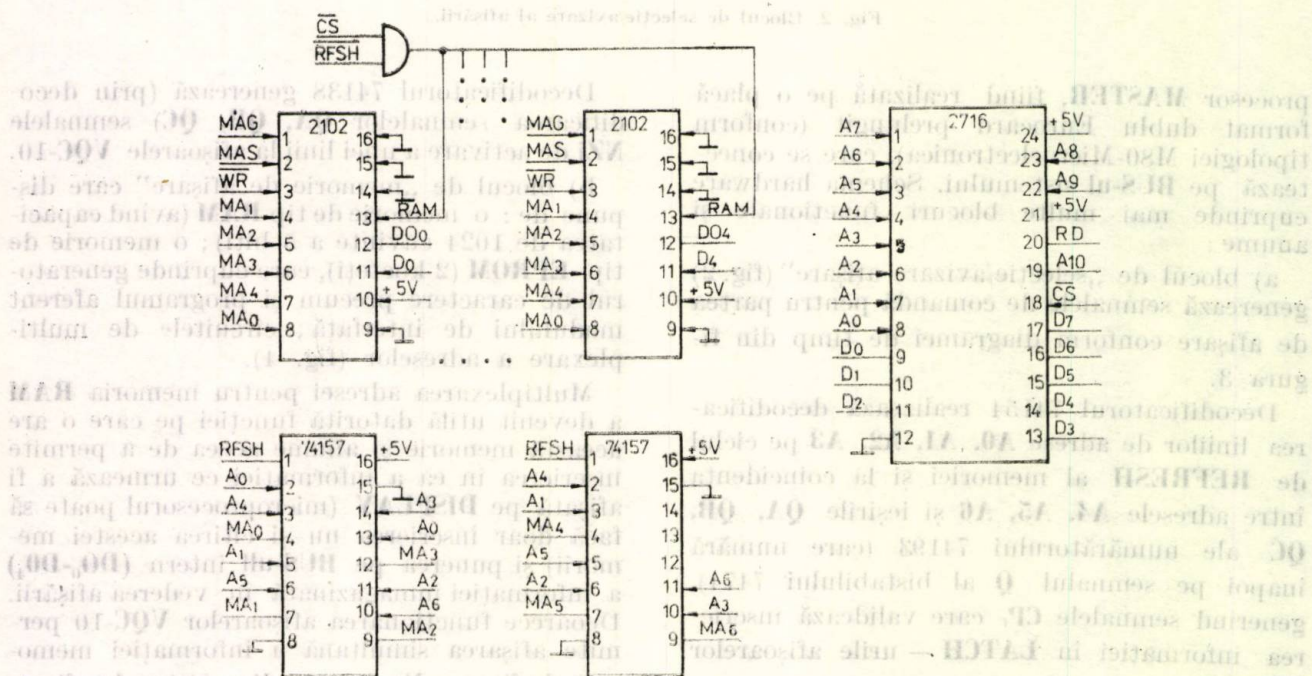


Figura 4. Memoria de afișare

să fie 16. Înserierea informației în **RAM** se realizează în cadrul unui ciclu **WRITE** a microprocesorului, iar citirea în timpul ciclului **REFRESH**.

c.) blocul de „supraveghere a tastaturii” este constituit dintr-un circuit **Z80—PIO**, avînd portul **A** programat în modul **INPUT** și portul **B** în mod **OUTPUT**, precum și circuitele uzuale de selecție a circuitului **Z80—PIO**. Rolul acestui bloc este: de a sesiza apăsarea unei taste și identificarea ei din cîmpul de 8×8 taste (de tip **PUSH—BUTON** cu contact normal deschis). În acest scop tastatura este baleiată cu o informație care ciclează un zero logic în cadrul unui octet (aplicat pe coloana matricii de taste), citindu-se concomitent informația de pe linii, o tastă apăsată fiind identificată din informația citită și coroborată cu cea transmisă către claviatură.

1.2. Display și tastatura

Blocul de afișare este realizat cu ajutorul **DISPLAY**-urilor de tip **VQC-10** (afișoare cu matrice de puncte: patru caractere a 5×7 puncte).

Semnalele **CPi** inseriu, pe frontul crescător, configurația existentă pe liniile **DO₀—DO₄** în **LATCH**-ul intern corespunzător fiecărei matrici (5×7) de **LED**-uri punctiforme. Informația astfel immagazinată poate fi activată (afișată) pe oricare dintre liniile matricii, funcție de starea semnalelor **Zi** (nivel logic 1 avizează afișarea informației pe linia respectivă, la toate cele 16 afișoare ale **DISPLAY**-ului). Semnalele **Zi** sînt generate prin inversarea semnalelor **NZi** generate în cadrul blocului „selecție/avizare afișare”.

Tastatura este un cîmp de taste, dispuse pe o matrice 8×8 , fiecare tastă realizînd închiderea unui contact pentru cazul cînd este apăsată.

Întreg ansamblul (**DISPLAY** și **TASTATURA**), se află dispus într-o carcasă (care-i protejează elementele de factorii agresivi din mediul industrial), fiind legat la sistem prin intermediul unui cablu flexibil (protejat și acesta la rîndul său).

2. Considerații de software

Partea de afișare a modulului de interfață are rol de a fi suport pentru mesaje spre utilizator (de la sistemul microprocesor **MASTER**), pe de o parte, și ca dispozitiv de afișare (în ecou) a mesajelor introduse de utilizator prin intermediul tastaturii, putîndu-se astfel realiza un mod de dialog interactiv om-mașină.

De asemenea trebuie avut în vedere că acest modul a fost gîndit ca un dispozitiv de intrare/ieșire pasiv, orice acțiune asupra sa din partea utilizatorului fiind luată (sau nu) în considerare de sistem, după cum acesta așteaptă (sau nu) inițierea unui dialog, evitîndu-se astfel neplăcerile care ar putea fi cauzate de apăsarea accidentală a tastelor în timpul lucrului normal al robotului. Orice afișare pe **DISPLAY** este deci strict sub controlul sistemului microprocesor **MASTER** (inclusiv afișarea în ecou a caracterului tastat).

În ceea ce privește tastatura, programele trebuie să rezolve probleme generale de supraveghere a unei tastaturi și anume rezolvarea cazurilor de: apăsare simultană; apăsare accidentală (timp foarte scurt de menținere a unei

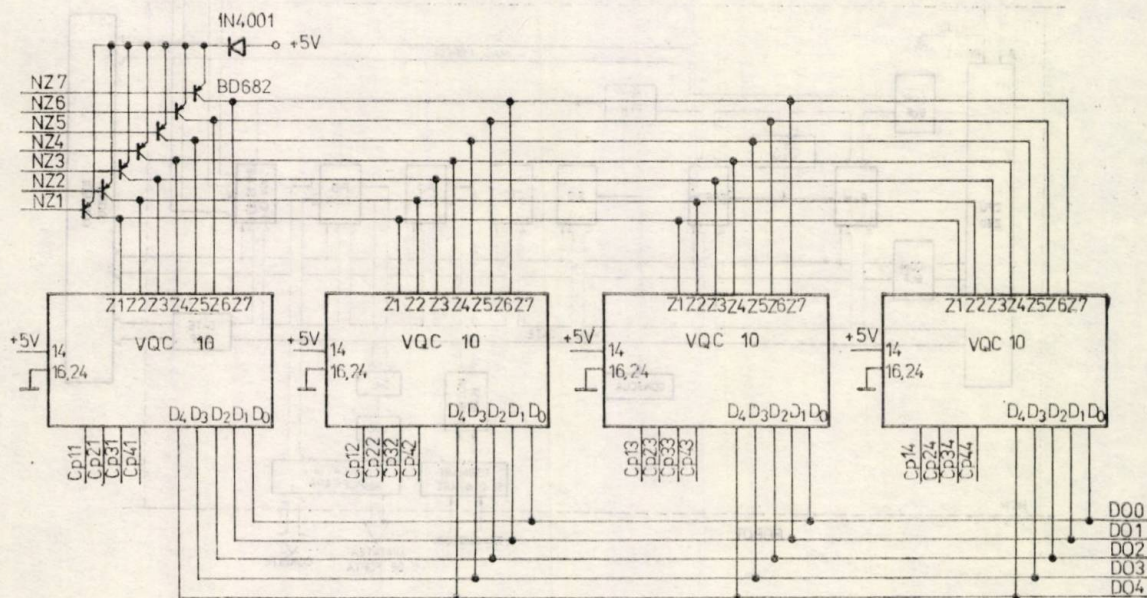


Fig. 5. Blocul de afișare.

taste în poziția apăsă; filtrarea (software) oscilațiilor ce apar la luarea degetului de pe tastă etc.

3. Concluzii

Modulul de interfață cu utilizatorul asigură în întregime funcțiile cerute unui dispozitiv de intrare/ieșire, având totodată un înalt grad de fiabilitate, putând funcționa în medii în care utilizarea unui dispozitiv de intrare/ieșire universal (de tip dispozitiv alfanumeric cu afișare pe tub catodic) este exclusă.

CZ 681.37:007.52

Modul de control al mișcării pe un grad de libertate.

DAN CIUBOTARU, JULIETA ZAHARIA* — CLUJ-NAPOCA

Introducere

În ultimii ani în țara noastră se desfășoară o largă activitate pentru crearea și darea în exploatare a celulelor de fabricație robotizate.

Avântul spectaculos pe care l-a luat dezvoltarea tehnicii de calcul, a electronicii și microelectronicii a permis abordarea și rezolvarea unor probleme importante de automatizare a proceselor de producție în principalele ramuri ale economiei naționale.

Este de la sine înțeles că utilizarea în alte aplicații a unui astfel de modul de interfață poate fi făcută în măsura în care acesta satisface sau nu cerințele impuse pentru interfață, avându-se în vedere limitarea majoră: poate afișa maximum o linie de 16 caractere.

Bibliografie

- [1] Frank, P., Tedeschi, Robert, Colon. 101 Projects for the Z80, TAB BOOKS Inc., 1983.
- [2] * * *: Catalog de produse „RFT”, 1985.

ROBOT
MICROPROCESOR
MCC/MPP

Introducerea roboților industriali, acțiune care în țara noastră a luat în prezent o amploare deosebită are drept scop îmbunătățirea condițiilor de muncă (roboții industriali fiind introduși cu precădere în sectoarele cu condiții grele de lucru pentru om), reducerea cheltuielilor de fabricație, obținerea unei calități superioare, creșterea productivității, și nu în ultimul rând, creșterea nivelului de pregătire profesională a personalului muncitor.

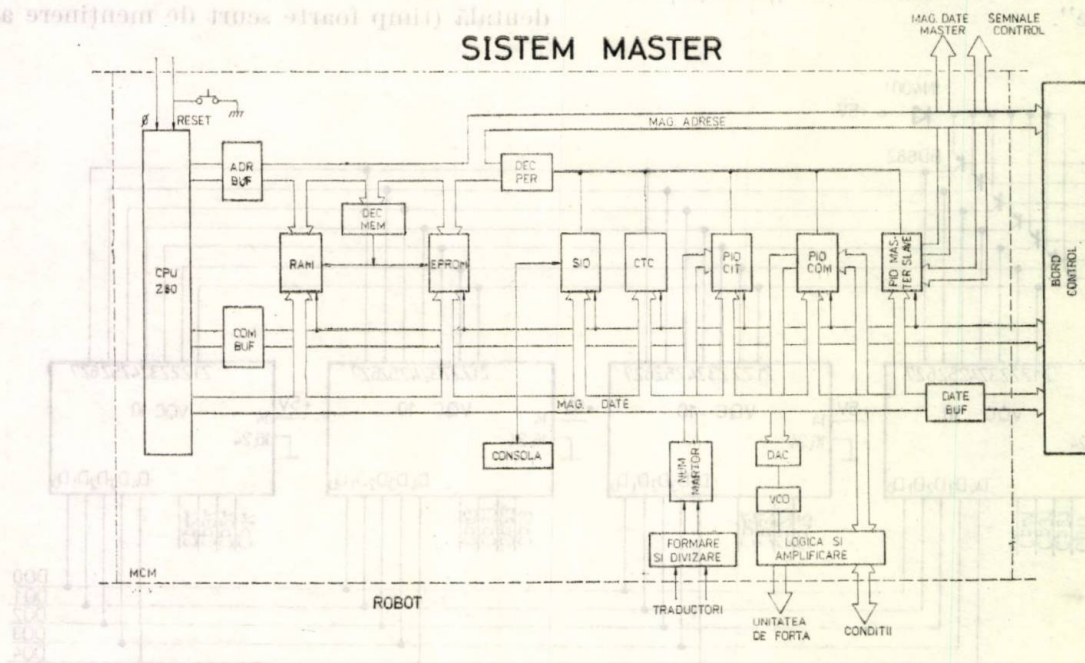


Fig. 1. Schema bloc MCM

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnica de Calcul și Informatică — Filiala Cluj-Napoca

1. Descriere generală

Unitatea de comandă pentru roboți (UCR) este un sistem ierarhizat multiprocesor proiectat la Institutul pentru Tehnica de Calcul și Informatică filiala Cluj-Napoca, destinat comenzii roboților industriali cu maximum 6 grade de libertate, acționați cu motoare de curent continuu sau motoare pas cu pas.

Unitatea de comandă, ca sistem ierarhizat, conține pe nivelul întâi o unitate centrală cu microprocesorul **Z80** care supervizează mișcarea întregului robot, iar pe nivelul doi șase module care controlează fiecare mișcare a unui grad de libertate.

Modul de control al mișcării (MCM) pe un grad de libertate este un microsistem specializat realizat cu microprocesor într-o configurație minimă ce are rolul de a genera semnalele de comandă necesare unității de forță, și de a prelua și prelucra informațiile primite de la sistemul de traductori corespunzător unui grad de libertate a robotului.

Prețul în continuă scădere al circuitelor integrate justifică folosirea cite unui microprocesor pentru controlul fiecărui grad de libertate a robotului. Prin aceasta se îmbunătățesc și rapidizează comenzile (unele decizii fiind luate la acest nivel), unitatea centrală master nemaitrebuind să supravegheze amănunțit fiecare mișcare. Ea urmează să dea numai comandă de execuție a unei mișcări și să fie informată de către modulele slave de execuție acestea.

În figura 1 este prezentată schema bloc a MCM. Sint prezentate blocurile funcționale ale modului și interconexiunile dintre acestea.

2. Descrierea blocurilor MCM

Unitatea centrală a MCM este realizată cu microprocesorul **Z80**. Magistrala de adrese este amplificată și decodificată pentru a genera semnalele de selecție pentru memorie și circuitele periferice. „Magistrala de control este de asemenea amplificată la ieșirea din microprocesor iar magistrala de date este amplificată numai la ieșirea din modul. Toate trei magistralele sint scoase în conectorul C al MCM unde se poate cupla un bord de control necesar punerii în funcțiune și depanării; tot în acest scop microsistemul este prevăzut cu o interfață serială standard **RS232** la care se poate lega o consolă serială. Viteza de comunicație se fixează automat după viteza consolei prin programarea circuitului de ceas CTC.

Pentru sincronizarea modulelor slave cu modulul master toate modulele MCM au semnalul de ceas luat din modulul master.

Memoria MCM este formată din zona de memorie **RWM** de 1 ko în care se păstrează condițiile de stare ale microsistemului și datele de la și pentru master (în vederea executării și prelucrării) și zona de memorie **EPROM**

de 2—4 Ko care conține programele de lucru ale modului. În zona de memorie **EPROM** poate fi introdus un monitor, util pentru depanarea programelor și punere în funcțiune.

Legătura modului cu restul sistemului se face prin trei conectoare. Conectorul **A** este o magistrală standard **STD Z80 EX** și face legătura între master și slave. Conectorul **C** este folosit numai pentru bordul de control. Conectorul **B** face legătura între modul și unitatea de forță a robotului și cu sistemul de traductori ai acestuia. Comunicația între master și slave se face prin intermediul unui circuit paralel **PIO** al cărui port **A** este legat direct pe magistrala de date a masterului (cu ajutorul semnalelor de comandă ale circuitului stabilind-se direcția de vehiculare a informației).

3. Funcționare

Comanda de mișcare primită de la master este stocată în memoria **RAM**. Pentru generarea trenului de impulsuri necesar comenzii motoarelor pas cu pas, sau a semnalului analogic necesar comenzii motorului de curent continuu, microprocesorul **Z80** programează portul paralel **PIO COM A** ca ieșire. Acesta atacă un convertor digital analog care transformă valoarea numerică de la intrarea sa într-o tensiune analogică de comandă. În funcție de tipul motorului, această tensiune este scoasă la exterior (pentru comanda **MCC**) sau atacă un convertor tensiune frecvență care furnizează o frecvență proporțională cu tensiunea de comandă (pentru comanda **MPP**). „Existența semnalului de tact (pentru **MPP**) este condiționată la exterior de existența semnalului **ANV** provenit de la **PIO COM B**. Tot prin **PIO COM B** sint scoase la exterior semnalele **SENS** și **FR** necesare motoarelor și sint citite semnalele limitatoarelor de cursă și a detectoarelor de proximitate.

Pentru executarea corectă a unei mișcări sistemul de poziționare pe fiecare grad de libertate este realizat în buclă de poziționare închisă. Traductoarele de poziție care confirmă execuția mișcării sint de tip incremental rotativ (**TIRO**). Impulsurile primite de la traductorul incremental de poziție sint prelucrate (formate și divizate) și apoi sint numărate de un numărător martor. Acest numărător este resetat la atingerea poziției inițiale și numără înainte și înapoi „reținind poziția absolută a organului în mișcare. Această poziție este citată de către microprocesorul slave (prin **PIO CIT**) care poate astfel cunoaște dacă mișcarea s-a efectuat corect sau este nevoie de o corecție.

4. Principii de programare

Structura modului MCM necesită implementarea unor programe a căror funcții principale să fie comunicarea cu modulul master și

execuția comenzilor primite de la această spre execuție. Pentru a servi cele două funcții menționate programul de comandă este construit pe baza unui ciclu infinit în care se baleiază bufferul de recepție comenzi de la master și se testează terminarea mișcării lansate pe gradul de libertate respectiv. În cazul recepționării unei comenzi se va lansa execuția mișcării cerute și se va reveni în ciclul principal „Mișcarea odata lansată va fi controlată (independent de ciclul principal) de către rutina de tratare a întreruperilor cerute de circuitul de ceas CTC, rutină care va stabili regimurile de funcționare a motorului (accelerare palier decelerare) și va da comanda de stop la atingerea cotei preserise (citite din număratoarele martor).

CZ 681 332 : 00753

Software-ul modului de comandă pentru un grad de libertate.

FELMERI PETER, JULIETA ZAHARIA* — Cluj-Napoca

Introducere

Unitatea de comandă pentru roboți industriali dezvoltată la ITCI Filiala — Cluj-Napoca este un sistem multiprocesor organizat ierarhic. Ea se compune dintr-un modul „master” și multe module „slave” subordonate modului master.

Funcțional, modulul master este destinat interfeței programator/operator, iar modulele slave sînt destinate comenzii și urmăririi execuției mișcărilor pe unul sau două grade de libertate. Din funcțiunile unui modul slave rezultă construcția minimală a unui astfel de modul. Această construcție multiprocesor permite comanda paralelă a mai multor grade de libertate.

Această construcție permite de asemenea echiparea unității de comandă cu numărul de module slave necesare fiecărei aplicații concrete.

Atît din punct de vedere constructiv (hardware) cît și din punct de vedere a software-ului modulele slave sînt identice.

5. Concluzii

Realizarea unei unități de comandă multiprocesor pentru controlul unui robot industrial este o soluție modernă care aduce avantaje importante în ceea ce privește viteza de calcul și deci de luare rapidă a deciziilor (prin aceasta mărindu-se implicit viteza de execuție a mișcărilor robotului.)

Proiectarea modularizată a unității de comandă și posibilitatea de control atît a roboților acționați cu motoare de curent continuu cît și a celor acționați cu motoare pas cu pas va permite introducerea mai rapidă în fabricație a unității de comandă reducîndu-se astfel ciclul cercetare-proiectare-produție.

SOFTWARE
ROBOT INDUSTRIAL

Prezentul articol prezintă softwarul unui modul slave. Acesta se compune din două părți:

- comunicarea cu modulul master și controlul execuției comenzilor;
- programarea mișcărilor motorului aferent gradului de libertate comandat.

1. Comenzile acceptate de modulul slave

Comunicarea între modulul master și un modul slave se rezumă la recepționarea unor comenzi de la modulul master și emiterea unui răspuns la terminarea operației comandate.

Comenzile modului master pot fi:

- inițializare (revenire în origine);
- stop (suspendarea oricărei mișcări);
- poziționare pe coordonată;
- căutare;
- programarea vitezei maxime;
- programarea toleranței admise;
- cerere de raport.

În funcție de modul de execuție a operației comandate modulul slave răspunde modului master cu un cod ce semnifică execuția corectă

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnica de Calcul și Informatică — Filiala Cluj-Napoca

sau cauza anomaliei în execuția operației. În cazul operației de căutare respectiv a cererii de raport modulul slave mai transmite și poziția reală a gradului de libertate.

2. Mișcările pe un grad de libertate

Modulul de comandă a unui grad de libertate poate executa două tipuri de mișcări:

- poziționare pe coordonată;
- mișcare într-un sens cu oprire pe condiții externe (limitatori de poziție).

Aceste mișcări se execută la comenzi primite de la modulul master. Pentru poziționarea pe coordonată se face o mișcare de mărimea și sensul comandat de modulul master.

Viteza de mișcare (treptele de accelerare și de frinare) se calculează de către modulul slave luându-se în considerare și viteza maximă prescrisă de modulul master.

La acest nivel comanda mișcărilor se face în incrementuri ale elementului de control a mișcării (pas/motor/pas TIRO). În acest mod se pot realiza poziționări de precizie mare. Obținerea unei astfel de precizii din cauza alunecărilor în anumite mișcări poate implica o serie de mișcări de re poziționare până la atingerea punctului prescris.

Deoarece în majoritatea aplicațiilor de roboți industriali nu se cere o precizie atât de mare (aproximativ 0,01 mm în deplasări liniare, 0,3 în rotații) programatorul poate defini o vecinătate a coordonatei de atins în care poziționarea se acceptă ca fiind corectă. Aceasta se definește prin programarea unei toleranțe admise.

În cazul programării unei toleranțe t la o poziționare în punctul de coordonată x_p , dacă coordonata atinsă x_r satisface condiția $|x_p - x_r| < t$, poziționarea se consideră corectă. Dacă condiția nu este satisfăcută se încearcă re poziționarea în punctul prescris până la reușita sau la epuizarea unui număr predefinit de încercări.

Atât viteza maximă cit și toleranța admisă se poate modifica dinamic în timpul derulării programului de către modulul master.

Pentru minimizarea diferențelor și poziționarea corectă a gradului de libertate diferențele rezultate din poziționări în care s-au luat în considerare toleranțe ($x_p - x_r$) aceste diferențe rezultate se iau în considerare în poziționarea următoare. Tentativele de re poziționare se fac de către modulul slave fără înștiințarea modulu-lui master.

Mișcarea într-un sens cu oprire pe condiții externe (căutarea) se face cu viteză redusă

pentru o poziționare corectă pe limitatorii impuși.

Revenirea în origine este un caz special de mișcare cu oprire pe condiție externă — limitatorul de cursă a axei comandate.

Programul de comandă este construit pe baza unui ciclu infinit în care se baleiază buffer-ul de recepție de comenzi și terminarea mișcărilor lansate pe unul sau două grade de libertate.

În cazul recepționării unei comenzi de la modulul master se execută rutina de lansare a execuției comenzii primite și se revine în ciclul principal.

Controlul mișcării după lansare este preluat de subrutina de tratare a întreruperilor de la circuitul CTC care stabilește (funcție de coordonatele vizate și de viteza prescrisă) regimul de funcționare, treptele de accelerare, durata palierului de viteză prescrisă, constanta, momentul cind trebuie începută decelerarea și comanda de stop motor. Subrutina de control a mișcării este structurată pe o succesiune de trei teste principale asupra indicatorilor de stare a motorului (flag de accelerație, flag de palier și flag de decelerare), indicatori care se poziționează inițial în lansare și își schimbă sau nu starea în urma testelor specifice regimului corespunzător indicatorului poziționat.

Regimul de accelerare durează până cind testul de viteză stabilește că viteza a atins valoarea prescrisă. Atita timp cit viteza este mai mică decit această valoare ea va fi incrementată și se revine din întrerupere cu indicatorul de accelerare neschimbat.

La atingerea vitezei prescrise se va reveni din întrerupere cu indicatorul de palier poziționat și se va șterge indicatorul de accelerare.

Pentru regimurile de palier și decelerare testele de sfârșit de regim se fac comparind coordonatele atinse cu cele prescrise pentru începerea decelerării, respectiv pentru oprirea motorului.

Acest tip de comandă este avantajos sub aspectul că programul principal rulează tot timpul supraveghind permanent comunicația cu masterul în timp ce mișcările odată lansate își urmează cursul independent de programul principal.

La terminarea unei operații se analizează modul de execuție a acesteia și se lansează un răspuns către master.

Recepția comenzilor respectiv transmiterea răspunsurilor se face în mod asincron cu execuția altor comenzi, pe bază de întreruperi venite de la portul de comunicație. De la această tratare face excepție comanda de stop motoare care este executată în momentul recepționării

de rutină de tratare a intreruperii oprind instantaneu orice mişcare în curs de desfăşurare.

Programul este implementat pe un procesor Z80, ocupînd memorie sub 1K bytes EPROM, şi folosind 100 bytes RAM.

3. Concluzii

Structura soft discutată prezintă avantajul simultaneităţii funcţiilor realizate, prin folosi-

CZ 681.3.022 : 007.52

Limbaajul de programare a unităţii de comandă robot.

GRETA POPA, MIRELA PETRULEA, BOGDAN BUNEA* — Cluj-Napoca

Introducere

Elementul principal al sistemului software al microcalculatorului specializat (master), limbaajul de programare, răspunde cerinţelor specifice domeniului roboţilor şi în acelaşi timp creează un context foarte prietenos pentru utilizatorul final care are la îndemînă un set de comenzi simple, naturale fără a-i fi necesar un efort de adaptare deosebită.

1. Caracteristicile limbajului

Caracteristicile sale îl situează la primul nivel de programare textuală explicită a roboţilor. Metoda de programare este textuală deoarece programul rezultat apare sub formă de text aşa cum sint programele calculatoarelor univernale.

Scris în FORTH, limbaajul de programare implementat, păstrează caracteristicile acestuia: extensibilitate, portabilitate, modularitate, generare de cod compact.

Trebuie subliniată concepţia simplă şi unitară proprie FORTH-ului care s-a folosit în definirea instrucţiunilor limbajului.

Astfel, fiecare comandă standard a limbajului are:

— o acţiune în compilare prin care îşi compilează în dicţionar numărul de frază ce indică poziţia ei în program şi primitiva specifică cu rol de execuţie şi,

— o acţiune în execuţie care constă în realizarea sau nu, în funcţie de regimul de lucru selectat a următoarelor acţiuni: afişare instrucţiune care se execută, aşteptare în caz de execuţie pas cu pas, execuţie propriu-zisă.

Această tratare unitară internă a fiecărei comenzi, transparentă utilizatorului, asigură

rea tehnicii intreruperilor provenite fie de la CTC-ul propriu pentru controlul mişcării programate, fie prin intermediul circuitelor de interfaţă paralelă (PIO) de la semnalele exterioare (limitatori de cursă, limitatori de proximitate). Acest lucru oferă posibilitatea unei supervizări eficiente atât a comunicaţiei cu modulul master, cit şi a execuţiei funcţiilor proprii modulului slave.

LIMBAJ SPECIALIZAT
FORTH
ROBOT INDUSTRIAL

satisfacerea printr-un set redus de instrucţiuni a tuturor necesităţilor utilizatorului.

În continuare se prezintă instrucţiunile limbajului. Acestea se împart în 3 categorii:

- declaraţii
- instrucţiuni simple
- instrucţiuni compuse (structuri de control)

2. Declaraţii

Variabilele folosite în program trebuie în prealabil declarate, odată cu aceasta fiind inițializate cu valoarea 0.

Instrucţiunea de declarare este:

VARIABLE nume-variabilă

Declaraţiile de variabilă trebuie să preceadă prima instrucţiune a unui program robot. Un program robot este delimitat de declaraţiile de început program şi sfîrşit program:

BPROG nume-program şi respectivă

EPROG

Deci, structura unui program robot este următoarea:

declaraţii variabile

BPROG nume-program

linii program

EPROG

3. Instrucţiuni simple

Înainte de a prezenta această categorie de instrucţiuni dăm cîteva precizări privind expresiile ce pot fi utilizate.

În acest limbaj o expresie poate fi constituită din o constantă, o variabilă sau poate fi o combinaţie a acestor elemente realizată cu ajutorul unor operatori, operatori care pot fi:

- aritmetici
- relaţionali
- logici

Operatorii aritmetici sînt cei elementari +, -, /, *.

* Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Tehnică de Calcul şi Informatică — Filiala Cluj-Napoca

Operatorii de relație admiși și semnificația lor sint prezentați în continuare:

HI (high)	>
LE (less equal)	≤
EQ (equal)	=
NE (not equal)	≠
EZ (equal zero)	= 0
LZ (less zero)	< 0
GZ (greater zero)	> 0
NZ (not zero)	≠ 0

Operatori logici: **AND** (SI logic)
OR (SAU logic)

efectuează operațiile logice cunoscute, asupra operanzilor.

Instrucțiunile simple sint:

- de afișare a conținutului unei variabile **TYPE**
- de atribuire **LET**
- de inițializare a robotului **INIT**
- de stabilire a parametrilor mișcării **SPEED**, **TOL**

- de comandă a dispozitivului de prehensiune **HOLD**, **RELEASE**

- de informare **GETSTAT**
- de mișcare **MOVE**, **AMOVE**, **SEARCH**
- de citire/scriere de pe/pe un canal de intrare/ieșire **INPUT**, **OUTPUT**
- de sincronizare **WAITP**, **WAITS**.

Instrucțiunea **TYPE** are sintaxa:

TYPE variabilă

prin care se afișează valoarea variabilei indicate.

Instrucțiunea **LET** are sintaxa:

LET variabilă = expresie

prin care rezultatul evaluării expresiei se atribuie variabilei indicate.

Instrucțiunea

INIT

are ca efect mișcarea robotului la cota finală implicită zero, brațul robotului ajungând în punctul de pornire inițial.

Instrucțiunea **SPEED** are sintaxa:

SPEED variabilă-coordonată = valoare
unde variabilă-coordonată desemnează axa pe care se fixează prin valoare, viteza cu care se efectuează mișcarea.

Instrucțiuni **TOL** cu sintaxa:

TOL variabilă-coordonată = valoare
are ca efect stabilirea toleranței admise pe axa indicată de variabilă-coordonată, la valoarea specificată.

Instrucțiunile **HOLD** și **RELEASE** au forma:

HOLD RELEASE

Ele realizează stringerea și respectiv depărtarea dispozitivului de prehensiune.

Instrucțiunea **GETSTAT** cu sintaxa:

GETSTAT

are ca efect afișarea pentru toate axele a cotei absolute, a situației detectorilor de proximitate și a limitatorilor de cursă.

MOVE variabilă-coordonată = expresie, ...

Execuția ei determină deplasarea greiferului din punctul în care se află la momentul actual într-un punct ce are coordonatele relative egale cu valorile specificate în instrucțiune.

Instrucțiunea **AMOVE** are formatul general:

AMOVE variabilă-coordonată = expresie, ...

Execuția ei provoacă deplasarea greiferului din punctul în care se află la momentul actual, într-un punct care are coordonatele absolute în spațiul de lucru al robotului, valorile specificate în instrucțiune.

Instrucțiunea **SEARCH** are formatul general:

SEARCH ± variabilă-coordonată

Are ca efect mișcarea în sensul pozitiv sau negativ pe axa specificată prin variabilă-coordonată, până la detectarea condiției de proximitate.

Instrucțiunea **INPUT** are sintaxa:

INPUT variabilă, $\left\{ \begin{array}{l} \text{variabilă} \\ \text{port} \end{array} \right\}$

Valoarea citită din portul specificat este introdusă în variabilă. Portul se specifică prin adresa sa.

Instrucțiunea **OUTPUT** are sintaxa:

OUTPUT $\left\{ \begin{array}{l} \text{variabilă,} \\ \text{port} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{variabilă} \\ \text{număr} \end{array} \right\}$

Are ca efect înscrierea în portul cu adresa specificată a valorii indicate în instrucțiune.

Instrucțiunea **WAITP** are formatul general:

WAITP $\left\{ \begin{array}{l} \text{port,} \\ \text{variabilă} \end{array} \right\}, \text{ număr}$

În execuție, se așteaptă până când pe portul specificat va fi valoarea indicată în instrucțiune.

3. Instrucțiunea **WAITS** are formatul general:

WAITS $\left\{ \begin{array}{l} \text{număr} \\ \text{variabilă} \end{array} \right\}$

Execuția ei provoacă o întârziere în execuția instrucțiunii următoare egală, în număr de secunde cu valoarea specificată în instrucțiune.

4. Instrucțiuni compuse (structuri de control)

În limbajul robot sint implementate structuri de control care dirijează fluxul execuției, în funcție de anumite condiții. Aceste condiții pot fi testate cu ajutorul operatorilor relaționali sau logici.

4.1. Structura IF...THEN...ENDIF

Salurile condiționate se realizează în forma :

IF condiție **THEN**

xxx

ENDIF

zzz

în care valoarea condiției (adevărată sau falsă) hotărăște ramura care va fi executată :

— dacă, condiția este adevărată se execută secvența **xxx** și **zzz**

— în caz contrar se execută secvența de instrucțiuni **zzz**. În afară de forma descrisă mai sus, se poate utiliza :

IF condiție **THEN**

xxx

ELSE

yyy

ENDIF

zzz

unde după testarea condiției :

— dacă aceasta este adevărată se execută **xxx** și **zzz**

— în caz contrar se execută **yyy** și **zzz**

Utilizarea salturilor condiționate, în ambele forme, este permisă numai în cadrul regimului de lucru program, acestea nu se pot utiliza în regimul manual.

Această ultimă observație este valabilă pentru toate structurile de control ale limbajului.

Salurile condiționate se pot imbrica, teoretic, pe cîte nivele este necesar.

4.2. Cicluri nedefinite

Execuția repetată a unei secvențe de instrucțiuni, pînă la îndeplinirea unei anumite condiții, este posibilă în acest limbaj prin ciclurile nedefinite de forma :

BEGIN

xxx

REPEAT condiție **UNTIL** **zzz**

unde repetarea secvenței de instrucțiuni **xxx** conținută între **BEGIN** și **UNTIL** în execuție, este determinată de valoarea condiției în momentul testului efectuat de **UNTIL** :

— dacă, condiția este falsă se reia execuția lui **xxx**

— dacă nu, ciclarea este abandonată și se execută următoarea instrucțiune de după **UNTIL**, adică **zzz**.

În afară de această formă a ciclului nedefinit pentru a cărei execuție este nevoie de înde-

plinirea unei condiții, utilizînd instrucțiunile **BEGIN** și **AGAIN** în forma :

BEGIN

xxx

AGAIN

se obține un ciclu infinit. Se realizează necondiționat execuția secvenței de instrucțiuni **xxx**.

4.3. Cicluri definite

Structura **DO ... LOOP**, oferă posibilitatea repetării unei secvențe de program, de un număr de ori bine determinat. Forma ei este :

DO {variabilă număr}

xxx

LOOP

yyy

unde variabilă sau număr indică de cîte ori se execută secvența de instrucțiuni **xxx**.

Valoarea inițială a indexului acestui ciclu este zero, ea fiind incrementată cu 1 la fiecare execuție a ciclului pînă ajunge la valoarea indicată ca limită.

În timpul programării, poate apărea necesitatea părăsirii forțate a ciclului. Utilizînd instrucțiunea

LEAVE

este posibilă abandonarea ciclului prin forțarea limitei la valoarea curentă a indexului.

Ciclurile definite și nedefinite se pot imbrica în diferite nivele, de atîtea ori cît este necesar.

5. Concluzii (Posibilități de dezvoltare)

În proiectarea limbajului s-a urmărit folosirea unor instrucțiuni cu o sintaxă cît mai simplă, cu cuvinte cheie sugestive. Acolo unde a fost posibil, instrucțiunile s-au simplificat prin considerarea unor valori implicite ale parametrilor mișcării. Totuși, pentru aceste instrucțiuni s-au păstrat și variabile în care toți parametrii sînt stabiliți explicit.

Astfel, secvențele de program, care se execută în condiții normale, devin mai simple, fără a se renunța însă la posibilitatea de tratare specială a unor operații mai dificile.

Aceasta permite folosirea limbajului și pentru alți roboți, cu caracteristici diferite de cele ale robotului actual.

Adaptarea limbajului la un nou robot presupune doar modificarea conținutului cuvintelor de configurare pentru stabilirea : numărului gradelor de libertate ale robotului, vitezelor și toleranțelor implicite și dimensiunea spațiului de lucru.

Extensibilitatea, caracteristică a **FORTH**-ului reflectată și asupra limbajului de programare a unității de comandă robot (scris tot în **FORTH**) permite dezvoltarea în continuare a acestui limbaj prin adăugarea de noi instrucțiuni.

În principal, această se referă la introducerea de module ;

— de transformare a coordonatelor spațiului tridimensional în coordonatele spațiului nedimensional în care se programează robotul și invers;

— de generare a traiectoriilor care calculează referințele de poziție pentru toate gradele de libertate;

— pentru asigurarea modului de lucru învățare.

CZ 681.3.022

Sistemul software al microcalculatorului specializat.

MIRELA PETRULEA, GRETA POPA, BOGDAN BUNEA*

Introducere

În principal, organizarea sistemului de conducere a roboților industriali s-a făcut în jurul unui echipament de calcul de tip minicalculator, utilizând sistemele de operare ale acestora, nu întotdeauna realizate special pentru asemenea aplicații.

Odată cu proliferarea utilizării microcalculatoarelor și microprocesoarelor, acestea au fost înglobate în cadrul sistemelor de comandă a roboților industriali și s-a impus necesitatea unui soft specializat care să corespundă sarcinilor impuse de procesul tehnologic servit de robot.

1. Forth-ul limbaj de proiectare

Sistemul software dedicat unităților de comandă robot realizat la Filiala Cluj-Napoca a ITCI, are ca punct de plecare limbajul FORTH, flexibilitatea și extensibilitatea deosebită a acestuia. Vom prezenta în continuare câteva din caracteristicile acestui limbaj, total diferit de limbajele convenționale, pentru a argumenta această alegere.

FORTH-ul în sine este o succesiune de cuvinte (denumită dicționar) organizat în două categorii principale: nucleu și parte predefinită. Nucleul este format dintr-un set de cuvinte elementare, scrise în cod mașină, numite primitive. Cu ajutorul lor a fost introdus un set minim de cuvinte numite predefinite care permit o programare comodă. Cuvintele din implementare sînt oferite programatorului ca punct de plecare, utilizarea lor nefiind în totalitate obligatorie.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnică de Calcul și Informatică Cluj-Napoca

Bibliografie

- [1] * * * Buletinul român de informatică, vol. III, 1982.
- [2] *Viorel Ispas, Ioan I. Pop, Mircea Bocu* — Roboți industriali, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1985.
- [3] *Adrian Davidoviciu, Boldur Bărbat* — Limbaje de programare pentru sisteme în timp real, Ed. Tehnică, București 1986.
- [4] * * * **FORTH** — Manual de prezentare și operare editat de ITCI Cluj-Napoca.

SOFTWARE
FORTH
ROBOT INDUSTRIAL

Folosind posibilitatea de extindere, la cuvintele existente deja în implementare, se adaugă cuvintele utilizator.

Deci, puterea **FORTH-ului** constă în capacitatea sa de a crea limbaje croite după necesitățile fiecărei aplicații. Această putere este dată de posibilitatea sa de extindere aproape nelimitată manifestată pe mai multe nivele: prin crearea de cuvinte noi cu ajutorul compilatorului predefinit „:”, prin extinderea compilatorului existent cu noi cuvinte de compilare, prin crearea de noi cuvinte de definire și prin crearea unor noi sisteme de tip **FORTH** prin modificarea și recompilarea nucleului **FORTH** însuși.

Trebuie subliniat faptul că, datorită principiului de construcție și funcționare al **FORTH-ului** granița dintre noțiunile de limbaj, program și aplicație nu este delimitată net astfel că dacă îl privim din diferite unghiuri putem să spunem că, **FORTH-ul** este în același timp limbaj de programare de nivel înalt, limbaj de asamblare, sistem de operare, mediu de programare pentru crearea unor limbaje orientate spre aplicații (limbaj de „meta-aplicație”) și filozofie de design software.

FORTH-ul subsistem cu o autonomie foarte pronunțată (dependența față de sistemul de operare al plăcii Microelectronica este minimă) este deci cel care crează cadrul necesar pentru realizarea softului nostru pentru unitatea de comandă a roboților.

3. Structura software a unității de comandă robot

Sarcina sistemului software specializat pentru conducerea roboților este ca exploatînd resursele structurii hard să asigure performanțe atît în ceea ce privește conducerea manipulator-

rului propriu-zis cit și în ceea ce privește interacțiunea robotului cu procesul servit și cu operatorul uman.

Activitățile care trebuie realizate de unitatea de comandă a acestui robot pot fi separate în mai multe regimuri de lucru:

— regimul manual — în care sistemul funcționează ca interpretor de instrucțiuni, acestea fiind executate în momentul introducerii lor;

— regimul program — în care se execută imaginea compilată a unui program utilizator înstrucțiune cu instrucțiune cu afișarea pe display a frazei (instrucțiunii) executate;

— regimul editor — permite scrierea de noi programe robot și reținerea lor în format sursă; evidența lor se ține într-un director;

— regimul depanare — util în testarea programelor utilizatorilor, acesta permițând execuția lor pas cu pas.

Principalele module ale sistemului implementat care asigură cerințele enunțate mai sus sînt:

— nucleul („monitorul”) **FORTH**

— editorul

— interpretorul de comenzi sistem

— limbajul de programare.

2.1. Nucleul („Monitorul”) **FORTH**

Asigură în principal modul de lucru interpretor și compilator. S-a plecat de la implementarea 8080 **F.I.G.** — **FORTH VI.1**, realizată de **FORTH Interest Group (F.I.G.)**, corespunzătoare standardului 79, la care s-au făcut următoarele modificări:

— s-au înlăturat cuvintele referitoare la operațiile de **I/E** pe disc (floppy);

— s-au modificat rutinele de **CIN** (Console Input) și **COUT** (Console Output) care pentru realizarea funcțiilor de **I/E** cu dispozitivele cuplate la sistemul robotului, apelează acum subrutinele monitorului plăcii Microelectronica;

— s-au înlăturat toate cuvintele din implementarea standard, care nu sînt folosite de prezentul sistem și s-au adăugat alte cuvinte **FORTH** necesare în definirea elementelor limbajului de programare oferit utilizatorului (cuvinte care sînt transparente utilizatorului) printre acestea și acelea legate de conversia din notația post-fixată specifică **FORTH**-ului în cea în-fix mai la îndemina utilizatorului.

2.2. Editorul

Este un editor în mod linie, destinat creării examinării și modificării programelor sursă existente în bufferul de memorie RAM alocat acestora.

Setul de comenzi acceptat de acesta, care permite editarea/modificarea facilă a programelor sursă sînt prezentate în tabelul nr. 1.

Tabelul 1

Comandă editor	Sinteză	Descriere
T(top)	T	Poziționează cursorul la începutul programului.
B(bottom)	B	Poziționează cursorul la sfîrșitul programului și rămîne în mod inserare.
W(new)	W	Inserază noi linii program înaintea celei indicată de poziția curentă a cursorului.
N(next)	N(±n)	Sare n linii program față de poziția curentă a cursorului înainte (+n) sau înapoi (−n); n este implicit 1.
M(margin)	M(±n)	Mută cursorul cu n poziții în stînga sau în dreapta în cadrul liniei curente după cum n este negativ sau pozitiv, n este implicit 1.
D(delete)	D(±n)	Șterge n poziții în stînga sau în dreapta cursorului în cadrul liniei curente.
Y	Y	Șterge linia curentă.
I(insert)	I șir	Inserază șirul indicat după poziția cursorului.
S(search)	S șir	Caută în program grupul de caractere indicat de șir.
R(replace)	R șir :șir 1	Înlocuiește prima apariție a lui șir 1 cu șir 2.
L(list)	L	Listează conținutul programului.
X(exit)	X	Abandonează regimul editare.

2.3. Comenzi sistem

Comenzile sistem oferite utilizatorului îi permit selectarea prin comenzi simple a unuia dintre modurile de lucru în care dorește să aducă robotul și funcții de încărcare/salvare a unui program în/pe memoria externă, gestiunea bufferului editor, compilarea unui program, setarea intrărilor de pe bord sau claviatură.

Aceste comenzi sînt:

MANUAL — pune robotul în regimul de lucru manual;

PROGRAM — selectează regimul program al robotului;

STEP — trece robotul în regim de depanare;

EDIT nume program — trece sistemul în regim editare, acceptînd în continuare doar comenzi specifice editorului;

DIR — afișează directorul cu programele robot existente în bufferul de memorie **RAM**;

DEL nume program — șterge programul indicat din director, eliberînd și spațiul de memorie aferent acestuia.

SAVE nume, unitate

— se salvează întreg conținutul bufferului, inclusiv directorul, sub numele indicat prin „nume”, pe unitatea specificată. Unitatea se specifică prin numere:

0 = casetofon

1 = perforator de bandă

LOAD nume, unitate

— se încarcă bufferul cu conținutul salvat anterior pe unitate, a înd header-ul „nume”, de pe unitatea specificată.

0 = casetofon

1 = perforator de bandă

2 = EPROM (în EPROM se pot inserie programele sursă robot mai des utilizate)

BOARD

— determină preluarea comenzilor pentru robot de pe bordul specializat; în sistem există 2 posibilități de a transmite comenzile robotului; fie de pe bordul specializat (activ la „trezirea” sistemului) fie de pe o consolă legată la sistem. Pe bord există taste dedicate care permit executarea unui subset din comenzile unității robot, în regim manual. Trecerea pe de bord pe consolă se face prin intermediul tastei **CONSOLE**, iar pentru revenirea pe bord este necesară comanda **BOARD**.

COMPILE nume program

— compilează în dicționarul FORTH programul sursă cu numele indicat, aflat în bufferul din memoria RAM.

2.4. Limbajul de programare

Limbajul de programare îi oferă utilizatorului posibilitatea programării textuale a roboților.

Instrucțiunile acestui limbaj sînt prezentate în continuare sumar, scopul urmărit fiind cel de a crea o imagine calitativă asupra robotului abstract definit prin realizarea acestui limbaj.

Limbajul cuprinde instrucțiuni care se referă la: declarații de variabile, evaluare expresii, instrucțiuni specifice roboților: **MOVE**, **SPEED**, **TOL**, **HOLD**, **RELEASE**, **SEARCH**, **INPUT**, **OUTPUT**, **WAITP**, **WAITS** și structuri de control care permit programarea structurată.

Prezentarea detaliată a acestui limbaj este făcută în lucrarea „Limbajul de programare a unității de comandă robot”.

3. Concluzii

În diverse dialecte, FORTH-ul se află implementat pe aproape toate tipurile de calculatoare existente în țară ca subsistem cu o autonomie foarte pronunțată, cu o dependență minimă față de sistemul de operare gazdă.

Astfel, avînd în vedere portabilitatea și flexibilitatea FORTH-ului, structura sistemului propus se adaptează ușor diverselor configurații și permite adăugarea de noi module (hard și soft) care să extindă posibilitățile și facilitățile actuale, care să mărească gradul de complexitate al acestuia.

Bibliografie

- [1] * * * FORTH Manual de prezentare și operare.
- [2] * * * M80 UC — Manual de utilizare soft.
- [3] * * * Advanced Software in Robotics, Proceedings of an International Meeting held in Liege, Belgium, May 4—6, 1985.
- [4] * * * Robotics, vol. 1, decembrie 1985.

CZ 681.34 : 00752

CONTROL
MICROCALCULATOR INTEGRAT
ROBOT INDUSTRIAL

Modul de control al unui grad de libertate implementat cu un microcalculator integrat

DORINA CĂPĂȚINĂ* — CLUJ-NAPOCA

Introducere

Microcalculatoarele integrate (microcomputer one chip sau single chip microcomputer) conțin pe aceeași așchie de SI pe lângă microprocesor și memorie și circuite de intrare/ieșire făcând posibilă astfel rezolvarea anumitor aplicații fără nici un alt circuit suplimentar; aceasta asigurând un volum, preț și consum redus dublate de o fiabilitate mare.

În timp ce microprocesoarele sînt folosite în aplicații cu prelucrări mari de date, microcalculatoarele integrate sînt destinate aplicațiilor care nu necesită memorie mare, dar care impun controlul în timp real. Aceste aplicații se mai cunosc în literatura de specialitate ca aparținînd controlului specializat. În acest domeniu intră și cel al roboticii.

1. Microcalculatoarele integrate

Între microcalculatoarele integrate de 8 biți mai răspîndite se numără și **INTEL 8031/8051**, **MOTORLA MC 6801 (68701)** și **ZILOG Z8**. **INTEL 8031/8051**.

8051 conține 4Ko ROM, 128 oct. RAM, 32 linii de I/E paralele, 2 circuite de ceas de 16 biți, un circuit de I/E serie și oscilatorul. Pentru punerea în funcție este necesar doar un cuarț (12 MHz) și o tensiune de alimentare (+5V). 8031 se deosebește de 8051 prin faptul că nu are integrată și memorie ROM. Aceste microcalculatoare reprezintă o îmbunătățire tehnologică și funcțională a mai vechiului 8048. Printre multele instrucțiuni adăugate la setul acestuia se numără instrucțiuni de înmulțire, împărțire și scădere. Durata de execuție a unei instrucțiuni variază între 1–2 μ s, excepție făcînd instrucțiunile de înmulțire și împărțire care durează 4 μ s.

MOTORLA MC6801

Microcalculatorul integrat **MC6801** provine din cunoscutul microprocesor de uz general, de 8 biți, **MC6800**. Acesta din urmă fiind compatibil cu microcalculator integrat **MC6801**. Timpul de execuție al instrucțiunilor a fost redus și au fost adăugate cîteva noi instrucțiuni (înmulțirea).

MC6801 conține 2 Ko ROM, 128 octeți RAM, un circuit de I/E serie, un circuit de ceas de 16 biți, 29 linii I/E paralele și oscilatorul.

ZILOG Z8

Este o familie de microcalculatoare integrate care prezintă următoarele variante funcționale: **Z8611** microcalculator cu 4 Ko ROM, **Z8612** microcalculator cu interfață pentru memorie exterioară (microcalculator de dezvoltare), **Z8613** este o versiune fără ROM a lui **Z8611**, compatibil la nivel de pin cu acesta și a fost special creat pentru prototipuri și serii zero ale produselor în care memoria e necesar să fie de tip EPROM. Pentru a fi interschimbabil cu **Z8611** circuitul **Z8613** are un soclu de 24 de pini direct compatibil cu **EPROM 2732** „în spate”.

Aceste circuite sînt produse și de către **VEB MICROELECTRONIK ERFURT** sub denumirea **U8810**, **U8820**, **U8840**.

Versiunea standard **Z8611** conține 4 Ko ROM, 128 octeți RAM, 32 linii I/E paralele, un circuit de intrare ieșire serie, 2 circuite de ceas de 8 biți, oscilator. Conține de asemenea 124 de registre de uz general, 4 registre pe liniile de I/E și 16 registre de stare și control. Timpul mediu de execuție a unei instrucțiuni este de 1,5 μ s. Admite întreruperi de la liniile de I/E, de la circuitele de ceas și de la circuitul de I/E serie. Sub controlul programului, **Z8611** poate fi croit pe nevoile aplicației. Acest microcalculator de sine stătător poate fi configurat și ca microprocesor de uz general cu o capacitate de a adresa o memorie externă de 120 Ko sau cu un element de procesare într-o rețea de procesoare paralele legate pe o magistrală Z BUS. Pentru punerea în funcțiune este necesar numai un cuarț și tensiunea de alimentare (+5 V).

Arhitectura se caracterizează pe lângă o structură flexibilă și printr-un mod de adresare a regiștrilor eficient. Cele trei spații de adresare memorie program internă și externă și memoria de date (externă) și setul de regiștri interni (intern), asigură la rîndul lor un mod diversificat de configurare a programelor.

Modurile de adresare posibile sînt direct, relativ, indexat, imediat și indirect. Condițiile de salt pe lângă cele obișnuite, din cadrul microprocesoarelor de uz general (transport, depă-

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — filiala Cluj-Napoca.

șire, semn, ajustare zecimală) mai cuprind și condiții puternice ca : mai mare, mai mare sau egal, mai mic, mai mic sau egal.

Setul de instrucțiuni de bază cuprinde 47 de instrucțiuni care se extinde, la diferite moduri de adresare, la 241 de instrucțiuni. Nu există instrucțiuni specializate pentru operațiile de I/E; orice instrucțiune ce adresează unul din registrele specifice porturilor este instrucțiune de I/E. De asemenea nu există registru acumulator, orice registru adresat ca destinație este implicit registru acumulator.

În ceea ce privește întreruperile Z8 permite odată 6 cereri de întrerupere. Cele 6 cereri de întrerupere, după cum se programează, pot veni din cel mult 8 surse diferite. Întreruperile pot fi autorizate sau nu, global și individual, mascate și aranjate într-o ordine de priorități stabilită prin programarea registrelor **R249**, **R250** și **R251**. Toate întreruperile sînt vectorizate. Cînd o cerere este admisă, sînt dezactivate toate cererile mai puțin prioritare se salvează automat conținutul program și indicatorii de stare și procesorul găsește în memoria program la locația rezervată vectorului de întrerupere a respectivei întreruperi adresa efectivă a rutinei de tratare a întreruperii.

Ceea ce e deosebit de important de remarcat e faptul că anumite aplicații se pot rezolva numai cu resursele oferite de aceste microcalculatoare integrate sau cu un minim de alte resurse hardware. Între aceste aplicații pe lângă cele de larg consum (mașini de cusut, mașini de spălat, sobe de gătit, cîntare electronice, automobile, aparate de radio și televizoare) se numără și aplicații din domeniul : comenzilor numerice al mașinilor—unelte, al roboților și terminalelor de calculator (imprimante, cititoare optice, plottere, digitizoare).

În continuare ne vom ocupa de implementarea controlului unei axe de mișcare la un robot industrial, cu ajutorul unui Z8.

3. Modulul de control al mișcării pentru un grad de libertate EH03 Z80

În articolele „Arhitectura unităților de control a roboților” și „Modul de control a unui grad de libertate” se prezintă locul și funcțiile modulului de control al mișcării pentru un grad de libertate (slave-ul).

Cerințele pe care trebuie să le respecte un astfel de controler, pe scurt, sînt :

- structura acestui modul trebuie să permită controlul motoarelor de curent continuu sau al motoarelor pas cu pas;
- controlul poziției trebuie să se realizeze atît în buclă deschisă cît și în buclă închisă

— prin firmware-ul modulului de control el trebuie să se muleze pe un manipulator dat;

— să permită autotestul și depănarea ușoară;

— să fie suficient de ieftin dar în același timp sigur în exploatare.

Pentru respectarea acestor cerințe unitatea de comandă a robotului electrohidraulic **REH03** a fost prevăzută cu sisteme microprocesor strict dimensionate, microprocesorul utilizat este **Z80** iar varianta implementată este cea din figura 1.

Memoria volatilă citește/scrie (RAM) de 1 Ko este supradimensionată ea fiind folosită doar pentru operațiile cu stiva și pentru stocarea unor parametri ca : poziția viitoare, toleranță, viteză. Memoria fixă de tip ROM trebuie să fie de 4 Ko din care 2 Ko pentru programele de autotest. Sistemul microprocesorizat mai are în structura sa trei interfețe paralele de tip **PIO** folosite după cum urmează : una pentru cuplarea cu nivelul ierarhic superior **PIO-INTR** una pentru transmiterea comenzii de mișcare **PIO-MIȘCARE** și una pentru citirea poziției curente **PIO-POZIȚIE**. Citirea poziției curente se face de pe numărătorul traductorilor de poziție. Prin portul **PIO-MIȘCARE** microprocesorul controlează un convertor digital/analog care scoate la ieșire un nivel de tensiune în gama -10 V și $+10\text{ V}$ cu o rezoluție de 20 mV. Această ieșire corespunde cînd controlul mișcării e făcut cu motor de curent continuu. Dacă elementul de acționare este un motor pas cu pas atunci convertorul analog e urmat de un convertor de frecvență a cărui frecvență la ieșire e proporțională cu ieșirea convertorului digital analog (fig. 1).

Arhitectura mai sus prezentată este flexibilă ea putînd fi mulată prin software pe diferite tipuri de manipuloare.

4. Implementarea modulului de control al mișcării cu microcalculatorul integrat Z8

Din prezentarea anterioară a capacităților microcalculatorului Z8 se vede că el acoperă cerințele hardware ale unui modul de control al mișcării. În figura 2 se prezintă una din posibilele maniere de conectare ale acestui microcalculator pentru ca el să devină modul de control.

Interfața paralelă **PORT 3**, cuplată cu **UART** și un circuit de ceas vor fi conectate intern formînd o interfață serială pe care va fi cuplată o consolă în etapa de elaborare și validare a firmware-ului modulul. După ce programul va fi pus la punct această interfață va fi folosită pentru cuplarea cu master-ul.

Se observă că cuplarea cu master-ul este prin interfață serială spre deosebire de maniera prin interfața paralelă, care e prezentată în lucră-

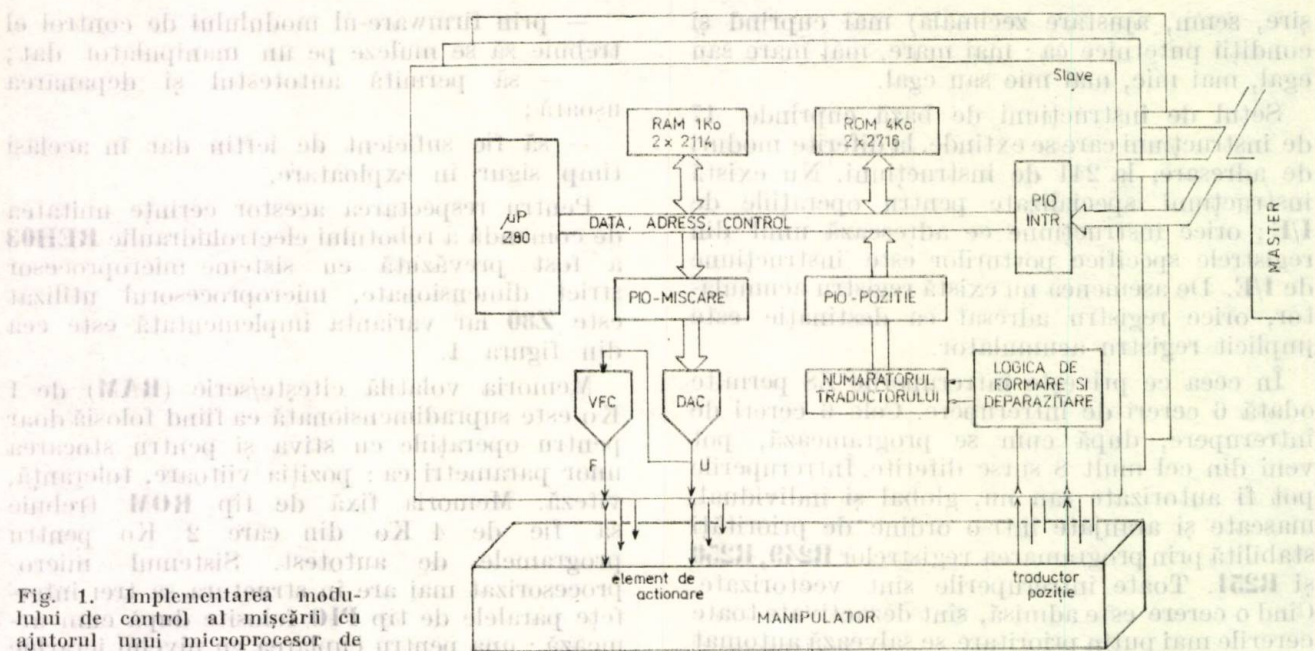


Fig. 1. Implementarea modului de control al mișcării cu ajutorul unui microprocesor de uz general.

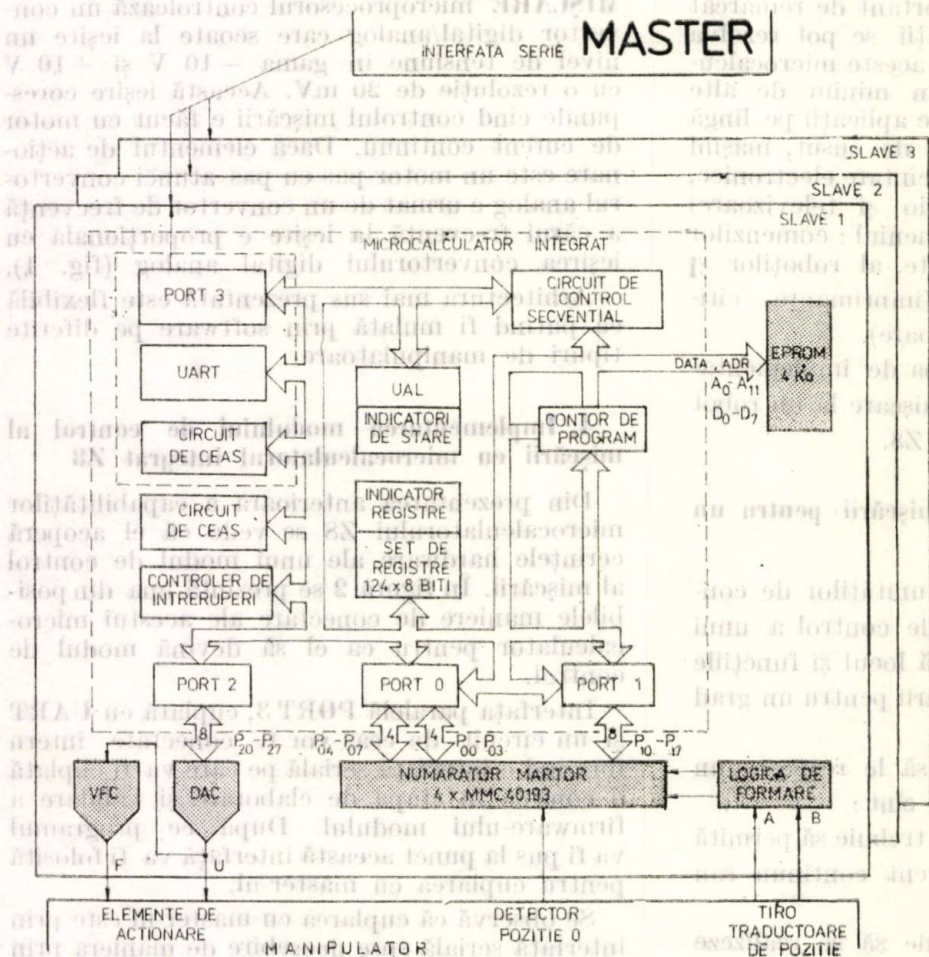


Fig. 2. Implementarea modului de control al mișcării cu ajutorul unui microcalculator integrat.

rile : „Arhitectura unităților de control a roboților” și „Modul de control al unui grad de libertate”.

Maniera de cuplare prin interfață serială satisface cantitatea de date vehiculate pentru sistemele multiprocesor slab cuplate.

Pe magistrala de date și adrese a sistemului vor fi conectați cei 4 Ko de memorie fixă **REPROM**. **PORT 2** va fi folosit în locul portului **PIO-MISCARE** pentru comanda convertorului digital/analog. Pe calea de reacție vor fi folosite porturile **PORT 0** și **PORT 1** care vor culege poziția de la numărătoarele martor.

Folosind această arhitectură se observă o considerabilă micșorare a numărului de circuite integrate interconectate: într-o primă aproximație se ajunge la 11 circuite de la 41 câte erau în modulul de control realizat cu microprocesorul de uz general Z80.

5. Concluzii

Implementarea modulului de control a mișcării cu un microcalculator integrat reduce drastic numărul circuitelor integrate, prin urmare

și volumul și consumul de energie, sporind implicit fiabilitatea produsului. Aceste caracteristici sînt nu numai atrăgătoare dar chiar indispensabile pentru roboți din sectoare ca minier și metalurgie sau din alte domenii unde condițiile de exploatare sînt grele. În general se poate conchiziiona că o serie de bunuri de larg consum au rămas și vor rămîne și în continuare fără aportul calitativ al tehnicii de calcul, dacă nu se merge pe direcția microcalculatorului integrat spre circuite LSI specializate (custom design circuit), nu se poate închipui de exemplu o mașină de spălat automatizată cu un microprocesor de uz general care pentru funcționarea la nivelul minim cerut de aplicație mai necesită 20–30 circuite integrate, plus 2–3 surse de alimentare. Prețul, volumul și consumul fac neadekvată o astfel de implementare.

Bibliografie

- [1] E. Kafrissen, M. Stephans — Industrial Robots and Robotics — Catalog Zilog 1986.
- [2] * * * Catalog ZILOG 1986.
- [3] W. Bennewitz, H. Podzuweit — Programmierung von Einchipmikrorechnern.

CZ 620.91 : 007.52

SURSĂ
MEDIU INDUSTRIA
ROBOT INDUSTRIA

Modul de alimentare al UCR-03.

EUGEN BĂRU * MIRCEA ILIHOI*, GHEORGHE POPȘA** — CLUJ-NAPOCA

Introducere

Pentru proiectarea sistemului de alimentare s-a pornit de la condițiile impuse pentru acest bloc în cazul unității de comandă pentru roboți. Funcționarea în mediul industrial al UCR-03 determină îndeplinirea următoarelor condiții pentru sursă:

a) să asigure toate tensiunile necesare funcționării echipamentului ca nivele de curent și tensiune;

b) să asigure nivelele de zgomot mai mici decît cele admise de funcționarea sistemului;

c) să asigure protecțiile necesare pentru ca nici un defect să nu se propage înspre sau dinspre sistemul de alimentare;

d) să asigure condiții de securitate corespunzătoare pentru operator;

e) să asigure rezerva de energie necesară;

f) să fie de gabarit minim posibil;

g) să fie compatibil din punct de vedere mecanic cu restul sistemului.

1. Sistemul de alimentare

Pentru rezolvarea condițiilor enumerate s-a ales următoarea structură a sistemului de alimentare pentru unitatea de comandă robot:

— un bloc cu transformator și redresor avînd la intrare 220 V, 50 Hz și la ieșire 24 V c.c.;

— un bloc de acumulator de 24 V, în tampon

— o sursă în comutație avînd la intrare 24 Vcc și la ieșire 5V/8A, +12V/500 mA, -12V/500 mA, -15 V/150 mA.

Toate tensiunile de ieșire sînt separate galvanic atît de rețeaua de 220 V/50 Hz cît și de sursa de 24 Vcc.

Sursa de alimentare are următoarele caracteristici:

— U_i 24 Vcc $\pm 15\%$;

— U_o 5 V $\pm 1\%$ cu temperatura; $\pm 1\%$ cu sarcina; $\pm 1\%$ cu U_i ;

+12V $\pm 1\%$ cu temperatura; $\pm 1\%$ cu sarcina; $\pm 1\%$ cu U_i ;

-12V $\pm 1\%$ cu temperatura; $\pm 1\%$ cu sarcina; $\pm 1\%$ cu U_i ;

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnică de Calcul și Informatică — Filiala Cluj-Napoca.

** Întreprinderea de Electronică Industrială și Automatizări Cluj-Napoca.

Schema sursei este prezentată în figura 1 pentru partea de comandă și în figura 2 pentru partea de forță.

În comanda sursei se utilizează circuitul specializat B-260 D capabil să comande surse în comutație monoalternanță. Prin completarea cu divizorul de căi realizat cu circuitele MMC4013 și MMC 4001 se obține un circuit capabil să comande surse dublă alternanță.

Protecțiile sînt cuplate astfel:

pe pinul 6 protecție la supracurent primar
pe pinul 13 protecție la dispariția tensiunii de 15V.

Comanda tranzistorilor finali se face prin transformator separator cu un circuit în punte cu 3 stări stabile, necesare funcționării corecte a sursei.

Cele trei stări sînt:

curent de la borna 109 la 110 — deschis T_1
lipsă curent — blocat T_1 și T_2
curent de la borna 110 la 109 — deschis T_2 .

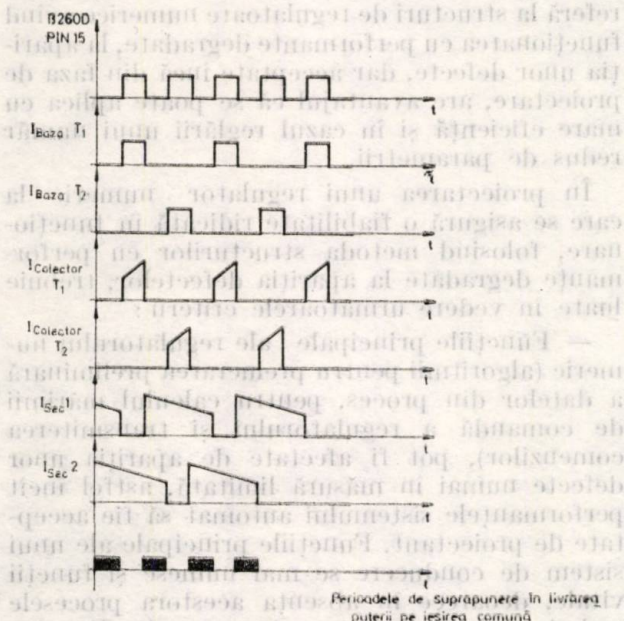


Fig. 3: Diagrama de funcționare.

Prin același transformator se face și o reacție de curent astfel încît comanda în bază este proporțională cu curentul de colector, asigurîndu-se astfel saturația tranzistorilor în orice situație.

Partea de forță are o structură de sursă cu recuperare, dublă alternanță.

Diagrama de funcționare este prezentată în figura 3. Schema prezintă următoarele particularități:

— în ieșirea de 4 V/8A avem livrare continuă de energie astfel încît condensatorii de filtraj funcționează la curent pulsatoriu mult mai mic decît I_o ;

— ieșirile de +12V și -12V sînt simplă alternanță și luate de pe părți diferite ale sursei;

— stabilizarea acestor ieșiri se face suplimentar și cu regulatoare serie;

— tensiunea de -15V apare prima. La dispariția ei se blochează sursa.

Din punct de vedere constructiv sursa s-a realizat la dimensiuni standard de $240 \times 160 \times 70$ mm.

Structura interioară are o placă de bază pe care s-a realizat partea de forță și o placă de comandă pe care s-a realizat partea de comandă. Sursa este închisă într-o cutie metalică pentru protecție împotriva paraziților.

2. Concluzii

Soluția aleasă pentru sursa de alimentare rezolvă foarte bine probleme legate de:

— filtrarea tensiunii de ieșire cu capacități mici de fabricație românească;

— pornirea secvențială a tensiunilor de ieșire;

— tensiuni de ieșire auxiliare bine prestabilizate;

— izolarea galvanică a ieșirilor;

— protecțiile sînt suficiente la orice tip de defect;

— randament general bun aproximativ 70%;

— partea de comandă a tranzistorilor finali consumă putere mică; (12V/50 mA).

Ca probleme apar:

— limitarea puterii pe sursele auxiliare la maximum 30% din puterea sursei principale.

— lipsa unui circuit de echilibrare automată a celor două secțiuni ale sursei;

— transformatoarele de putere realizate fizic pe 4 miezuri separate din lipsa unor ferite de dimensiuni potrivite. (Ferita folosită fiind $\varnothing 36 \times 22$ Al-400).

CZ 658.56 : 621.3

**FIABILITATE
REGULATORIE NUMERICE
MICROPROCESOARE**

Metodă pentru asigurarea fiabilității reguletoarelor numerice cu microprocesoare

NITU I. COSTICĂ* — BUCUREȘTI

Introducere

Reguletoarele numerice cu microprocesoare au o răspândire din ce în ce mai mare în automatizarea proceselor tehnologice. În prezent sînt în fabricație de serie sisteme distribuite de conducere, unde echipamentul principal din primul nivel ierarhic de conducere este reguletorul numeric multicanal, care în cele mai multe cazuri reprezintă un sistem multiprocesor de prelucrare, stocare și transmitere a informațiilor. În condițiile în care un reguletor numeric cu microprocesor servește pentru reglarea mai multor parametrii, de regulă 8, 12 sau 16, se pune problema menținerii sistemelor de conducere în funcție în cazul defectării unor componente sau subsansambluri ale reguletorului. Din acest motiv pentru reguletoarele numerice multicanal trebuie elaborate metode de asigurare a funcționării sistemelor de conducere indiferent de defectele apărute.

1. Metode de asigurare a fiabilității reguletoarelor numerice cu microprocesoare

Pentru realizarea unui reguletor numeric cu fiabilitate mărită în funcționare se folosesc trei metode :

- structuri cu componente special selecționate;
- structuri tolerante la defecte;
- structuri cu funcționare degradată la defecte.

Prima metodă, cu structuri de reguletoare numerice avînd componente special selecționate, adică avînd performanțe deosebite, care trebuie fabricate în serie mare, este folosită pentru echipamente unicat, sau de serie foarte mică.

A doua metodă, cu structuri de reguletoare numerice tolerante la defecte, are particularitatea că sistemul de reglare își păstrează aceleași performanțe și după apariția unor defecte într-un reguletor numeric, însă are dezavantajul că structurile sînt mai complexe, deci mai scumpe. Dintre metodele de proiectare a unor structuri de sisteme de conducere tolerante la defecte, două sînt mai răspîndite : sistemele cu reguletoare de rezervă și sistemele cu reguletoare avînd blocuri funcționale bazate pe tehnica votării. Metoda cu reguletoare de rezervă se

folosește în unele sisteme distribuite de conducere a proceselor, dar nu poate fi utilizată în cazul unor procese la care se reglează un număr mic de parametrii. Metoda cu structuri de reguletoare numerice, avînd blocuri funcționale bazate pe tehnica votării are dezavantajul că prevede mai multe blocuri identice, care funcționează în paralel, fiind utilizată în aplicații speciale.

A treia metodă, care va fi ilustrată în continuare printr-o nouă metodă de realizare, se referă la structuri de reguletoare numerice avînd funcționarea cu performanțe degradate, la apariția unor defecte, dar acceptate încă din faza de proiectare, are avantajul că se poate aplica cu mare eficiență și în cazul reglării unui număr redus de parametrii.

În proiectarea unui reguletor numeric la care se asigură o fiabilitate ridicată în funcționare, folosind metoda structurilor cu performanțe degradate la apariția defectelor, trebuie luate în vedere următoarele criterii :

— Funcțiile principale ale reguletorului numeric (algoritmii pentru prelucrarea preliminară a datelor din proces, pentru calculul mărimii de comandă a reguletorului și transmiterea comenzilor), pot fi afectate de apariția unor defecte numai în măsură limitată, astfel încît performanțele sistemului automat să fie acceptate de proiectant. Funcțiile principale ale unui sistem de conducere se mai numesc și funcții vitale, deoarece în absența acestora procesele trebuie trecute pe comandă manuală. Rezultă că funcțiile principale pot fi afectate numai ca mod de realizare la apariția defectelor.

— Funcțiile secundare ale reguletorului numeric (algoritmii pentru afișări de date, pentru prelucrări de date statistice etc.) pot fi afectate temporar de apariția unor defecte, în măsura în care operatorul poate supraveghea corect conducerea procesului. Unele funcții auxiliare pot fi trecute la un nivel ierarhic superior de calcul, atunci cînd apar defecte în structura reguletorului numeric.

— Schimbarea și adaptarea structurii reguletorului numeric la apariția unor defecte nu trebuie să provoace șocuri în transmiterea comenzilor la proces, ca și la reguletoarele analogice, orice comutare de regim de funcționare nu trebuie să producă șocuri în comanda elementului de execuție.

* Institutul Politehnic — București

— Algoritmii pentru depistarea defectelor în funcționarea unui regulator numeric și care se mai numesc algoritmi de diagnosticare sau de diagnoză automată, dintre care unii se realizează în fiecare ciclu de măsurare a parametrilor tehnologici, iar alții cu o perioadă mai mare, trebuie să necesite un timp redus de calcul în raport cu timpul de calcul necesar pentru celelalte funcții ale regulatorului.

— În funcție de caracteristicile componentelor utilizate trebuie apreciată câte este posibilitatea de defectare la fiecare subsistem, în funcție de care trebuie alese metodele de proiectare a structurilor de conducere, pentru o anumită funcționare în cazul apariției unor defecte.

— Parametrii reglați ai procesului tehnologic trebuie grupați după gradul în care pot fi afectate temporar performanțele de reglare la apariția unor defecte în structura regulatorului. Gruparea după acest criteriu a parametrilor tehnologici reglați permite o mare elasticitate în proiectarea structurilor de conducere cu performanțe degradate la apariția defectelor.

— Prețul regulatorului numeric de înaltă fiabilitate trebuie să fie în concordanță cu eficiența tehnico-economică a procesului tehnologic automatizat și care impune aceste condiții severe de funcționare pentru aparatura de automatizare.

— În alegerea algoritmului de proiectare a sistemului de conducere cu performanțe degradate la apariția defectelor în funcționare, de mare perspectivă este corelarea acestuia cu algoritmi de diagnoză automată, de depistare a defectelor prin programul implementat în echipament. Corelarea algoritmilor de diagnoză automată și de asigurare a unor performanțe degradate acceptabile după apariția defectelor poate duce la reducerea volumului programelor, inclusiv a capacității memoriei sistemului.

— Deosebit de important în proiectarea unui echipament de mare fiabilitate este cunoașterea particularităților procesului automatizat, a clasei de procese cu anumite caracteristici dinamice. De exemplu pentru procese lente este posibil ca un echipament de conducere să preia și funcțiile unui alt echipament defectat, ceea ce va face ca pe ansamblu sistemul de conducere să funcționeze cu performanțe degradate, dar acceptabile față de situația ieșirii din funcțiune.

— Metoda adoptată pentru proiectarea structurii regulatorului numeric impune restricții privind modul de organizare a plachetelor regulatorului numeric și tehnologia de fabricație a acestora astfel încât regulatorul să poată fi reparat în timp ce sistemul automat este în funcțiune. Proiectarea tehnologică a structurii regulatorului numeric, astfel încât să se poată executa depanarea acestuia și înlăturarea defectelor în timp ce sistemul de conducere este

în funcțiune, este o problemă care trebuie avută în vedere.

În funcție de aceste criterii se pot proiecta structuri de regatoare numerice cu microprocesoare pentru sisteme automate de mare fiabilitate în funcționare, asigurându-se performanțe degradate acceptabile la apariția unor defecte.

2. Metode de proiectare a sistemelor de conducere cu performanțe degradate la defecte

Având în vedere gama largă de aplicații a regatoarelor numerice cu microprocesoare, tendința de realizare a unei varietăți mari de regatoare specializate cu microprocesoare, sunt necesare metode de asigurare a unei fiabilități înalte a sistemelor de conducere și de prevenire a deteriorării în mod neacceptabil a performanțelor acestora. Pentru proiectarea unor sisteme de conducere cu microprocesoare care să aibă o funcționare cu performanțe degradate la apariția unor defecte se pot folosi următoarele metode:

a — Metoda conexiunilor suplimentare între două sau mai multe regatoare numerice multi-canal (1). Prin această metodă, de exemplu pentru două regatoare numerice, se organizează o memorie comună în care sunt păstrate datele vitale. În cazul depistării unui defect unul dintre regatoare preia toate funcțiile de reglare ale regulatorului defectat, sistemul de conducere funcționând în continuare cu performanțe degradate, dar acceptabile prin condițiile inițiale de proiectare. În acest caz degradarea performanțelor se datorează creșterii perioadei ciclului de funcționare a regulatorului numeric care preia toate funcțiile de conducere a procesului.

b — Metoda autoorganizării structurii unui bloc al regulatorului numeric în cazul apariției unor defecte (2). Prin această metodă un bloc vital al regulatorului numeric se proiectează cu o structură inițială redondantă, astfel încât în cazul apariției unui defect, prin reorganizarea structurii se izolează partea defectă și blocul, inclusiv regulatorul, va continua să funcționeze dar cu performanțe degradate. În cazul acestor metode, degradarea performanțelor sistemului de conducere se poate datora renunțării la unele funcții auxiliare ale sistemului de conducere sau creșterii timpului de calcul pentru elaborarea prin program a unor comenzi numerice.

Având în vedere domeniul larg de utilizare a regatoarelor numerice cu microprocesoare și necesitatea diversificării structurilor de conducere cu microprocesoare, în continuare se descrie o metodă de proiectare a unor sisteme prin metoda interconexiunii hard-soft. Prin această metodă o funcție vitală se realizează cu un subsistem specializat prin hard, funcțiile cărui, în cazul apariției unor defecte, sunt preluate de o

logică programată, adică prin soft, care constituie o subrutină a unității centrale. Asigurarea funcționării sistemului de conducere prin această metodă duce la degradarea performanțelor sistemului de conducere prin modificarea succesiunii operațiilor de calcul și a duratei de timp pentru a executa acestora.

3. Metoda interconexiunii hard-soft de proiectare a sistemelor de conducere cu performanțe degradate la defecte

Regulatele numerice multicanal au o mare utilizare atât în conducerea proceselor industriale, pentru reglarea unor parametri tehnologici, cât și în aparatele complexe de măsurat. Aceste sisteme de reglare sunt specializate deoarece sunt proiectate pentru o anumită aplicație, pentru un anumit tip de traductor și de element de execuție. Sistemele numerice specializate de reglare vor avea o mare răspundere în aparatele de măsurat în condițiile în care se utilizează standarde pentru conectarea acestora în sisteme informatice tip șină sau inel, unde se folosesc protocoale specifice pentru transmiterea informațiilor.

Funcțiile unui regulator numeric pot fi implementate prin program, metodă numită prin soft sau logică programată. O altă metodă de implementare a funcțiilor constă în utilizarea unor subsisteme, blocuri, specializate, metodă numită cu logică cablată sau prin hard. Pentru ilustrarea metodei propuse de proiectare a unui sistem de conducere cu performanțe degradate, la apariția unor defecte, folosind interconexiunea hard-soft, se va considera un sistem de reglare automată a poziției, la care se folosește un motor pas cu pas ca element de execuție.

Prin metoda logicii programate, microprocesorul elaborează toate semnalele pentru comanda motorului pas cu pas, stabilindu-se prin program durata impulsurilor de comandă și succesiunea acestora. Conform acestei metode, microprocesorul este prevăzut cu un program, într-o memorie EPROM și prin care motorul pas cu pas este comandat direct prin intermediul unor amplificatoare de putere, ceea ce necesită un timp mare de calcul. Această variantă se poate utiliza atunci când microprocesorul nu este încărcat cu multe funcțiuni în cadrul echipamentului numeric de automatizare, ca de exemplu în cazul regulatelelor numerice monocanal.

Metoda subsistemelor specializate necesită o schemă cu circuite integrate care primește semnalele de la microprocesor și care pe baza unei logici proprii elaborează semnalele de comandă a motorului pas cu pas. Această variantă se utilizează atunci când programele de calcul ale microprocesorului cuprind numeroase funcții de colectare, și de transmitere a semnalelor, de elabo-

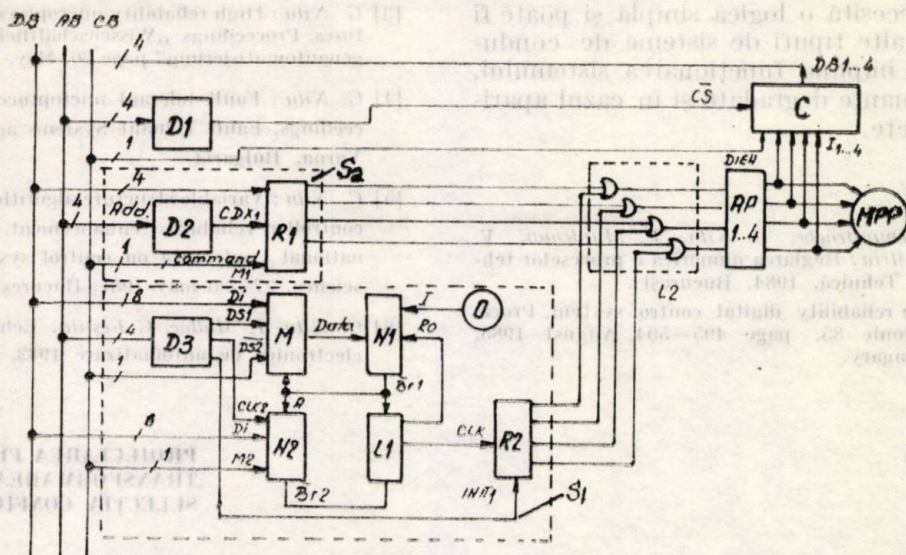
rare a comenzilor conform algoritmilor de conducere a procesului, etc. ceea ce necesită un timp mare de calcul. În acest caz pentru a evita supraîncărcarea microprocesorului, funcțiile de comandă ale motorului pas cu pas sunt preluate de interfața specializată.

Rezultă că prin metoda logicii programate se utilizează un număr redus de componente pentru comanda motorului pas cu pas, folosindu-se numai amplificatoare de putere. Un exemplu de folosire al acestei metode îi reprezintă înregistrarea X—Y cu microprocesoare unde volumul de date prelucrat este redus. Prin metoda subsistemelor specializate, schemele utilizate conțin un număr mai mare de componente cu ajutorul cărora se execută diferite funcții logice și de calcul. De exemplu într-un sistem numeric de poziționare cu motoare pas cu pas a unei oglinzi dintr-un analizor de calcul, deoarece microprocesorul este supraîncărcat cu funcții de prelucrare a datelor privind analiza spectrală se alege metoda subsistemelor specializate (3).

Din descrierea celor două metode principale de comandă a motoarelor pas cu pas, utilizate în sisteme de conducere cu microprocesoare, rezultă că acestea diferă prin timpul de calcul solicitat din partea unității centrale și prin complexitatea hardware a interfeței. Pentru creșterea fiabilității în funcționare a sistemelor de conducere cu elemente de execuție realizate cu motoare pas cu pas, este necesar un circuit de reacție, care poate fi realizat prin controlul semnalelor de ieșire ale amplificatorului de putere. Deoarece un amplificator de putere pentru comanda unui motor pas cu pas are ca semnale de ieșire un număr de variabile logice, rezultă că acestea pot fi ușor introduse și verificate în unitatea centrală cu microprocesoare. În acest mod unitatea centrală poate controla funcționarea corectă a interfeței de comandă a motorului pas cu pas.

Pentru asigurarea unei fiabilități înalte în funcționare, interfața pentru comanda motorului pas cu pas este necesar să fie tolerantă la defecte. În acest scop în figura 1 se prezintă schema unei interfețe dintr-un sistem numeric de reglare cu performanțe degradate la apariția defectelor.

Pentru ca unitatea centrală cu microprocesor să nu fie încărcată cu calculele necesare comenzii motorului pas cu pas, subsistemul specializat S_1 care în condiții normale este în funcțiune, este realizat prin metoda logicii cablate (hardware). Dacă acest subsistem se constată că este defect, atunci acesta este decuplat și este pus în funcțiune subsistemul S_2 , care este realizat prin metoda logicii programate. Rezultă că în cazul apariției unor defecțiuni în funcționarea normală a interfeței, prin programul de testare a microprocesorului se comandă comutarea subsistemelor pentru comanda motorului pas cu pas și deci pe ansamblu interfața funcționează



este simplă, necesită o logică simplă și poate fi utilizată și în alte tipuri de sisteme de conducere, unde se impune funcționarea sistemului, deși cu performanțe degradate și în cazul apariției unor defecte.

Bibliografie

- [1] S. Călin, I. Dumitrache, C. Nitu, F. Munteanu, V. Iorga, S. Dumitriu: Reglarea numerică a proceselor tehnologice. Ed. Tehnică, 1984, București.
- [2] C. Nitu: High reliability digital control system. Proceedings, Electronic 85, page 495–504, August 1985, Budapest, Hungary.

- [3] C. Nitu: High reliability microprocessor controller structures, Proceedings „Wissenschaftliche Konferenz-Anlagenautomatisierung” page 30, May, 1986, Leipzig, DDR.
- [4] C. Nitu: Fault tolerant microprocessor controller, Proceedings, Fault Tolerant Systems and diagnostics, 1987, Varna, Bulgaria.
- [5] C. Nitu: Variable structure algorithm for microprocessor controller reliability enhancement, Proceedings, International Conference on control systems and computer science, 27–30 may 1987, București.
- [6] C. Nitu, I. Mallac, C. Feștilă: Echipamente electrice și electronice de automatizare 1983, EDP, București.

CZ 535.34.621.318

PROIECTAREA FILTRELOR ACTIVE
TRANSFORMAREA PARAMETRILOR
SELECȚIA CONFIGURAȚIEI

Proiectarea filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H951 și H952—filtre active universale

BENEDICT POPESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

În ultima vreme a fost omologat la CCSIT — Componente Electronice un circuit — *filtru activ universal* (FAU), realizat în 2 variante: H 951 și H 952. Cu un singur FAU, prin adăugarea a 3 sau 4 rezistențe externe, se poate controla ușor frecvența de rezonanță, amplificarea și factorul de calitate [1]. Realizat cu 3 amplificatoare operaționale, FAU produce simultan funcțiile de transfer trece-jos (TJ), trece-sus (TS) și trece-bandă (TB). Funcția de transfer rejecție de bandă (RB) poate fi obținută simplu însumând ieșirile TJ și TS cu amplificatorul operațional suplimentar conținut în FAU. Acest amplificator poate fi folosit, de asemenea, pentru a adăuga un răspuns cu un singur pol la filtrele care necesită un număr impar de poli. Este necesar cite un FAU pentru fiecare 2 poli ai filtrelor TJ sau TS, respectiv pentru fiecare pereche de poli ai filtrelor TB sau RB. Filtre de ordin mai mare și mai complexe pot fi obținute conectând în cascadă mai multe FAU.

În lucrarea [1] au fost prezentate schemele electrice de principiu, unele considerații teoretice, descrierea și performanțele tipice ale FAU, fluxul tehnologic de realizare a circuitului, precum și rezultatele experimentale obținute. Scopul lucrării de față este de a descrie, într-o succesiune logică, etapele de proiectare a filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H 951 și H 952 — filtre active universale.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

1. Considerații generale

Proiectarea filtrelor active este tratată unitar, fiind valabilă atât pentru varianta H 951, cit și pentru varianta H 952 a FAU. Datele referitoare la circuitul H 952 sînt întotdeauna trecute după cele care se referă la circuitul H951, fiind separate de acestea printr-o bară oblică.

Semnificația terminalelor [2] este următoarea: 1/8 — ajustare frecvență, 2/7 — ieșire TB, 3/11 — comun, 4/10 — sursă de alimentare (+), 5/6 — ieșire amplificator auxiliar, 6/4 — intrare (+) amplificator auxiliar, 7/5 — intrare (—) amplificator auxiliar, 8/14 — ajustare frecvență, 9/1 — ieșire TJ, 10/9 — sursă de alimentare (—), 11/13 — ieșire TS, 12/3 — intrare 3 filtru, 13/12 — intrare 2 filtru și 14/2 — intrare 1 filtru.

Pentru rezistențele $R_1 \div R_4 = R$ se va înlocui în calcule valoarea $10^6 \Omega$ atunci cînd se folosește circuitul H 951, respectiv $5 \cdot 10^4 \Omega$ în cazul utilizării circuitului H 952.

2. Proiectarea filtrelor active

Aplicarea corectă a FAU și selecția rezistențelor externe (pentru acordarea eșalonată a etajelor conectate în serie) se face respectînd 10 etape de proiectare [3]:

2.1. Se aleg parametrii filtrului (tipul funcției de transfer, tipul răspunsului, numărul de poli și frecvența de tăiere a întregului filtru). Dacă funcția de transfer este RB se consultă și materialul legat de realiza-

- rea acestei funcții înainte de a trece la etapa următoare.
- 2.2. Se determină parametrii **TJ** normati, f_n și Q , bazați pe tipul răspunsului și pe numărul de poli selectați la punctul 2.1.
- 2.3. Se transformă parametrii de la **TJ** la **TS** sau de la **TJ** la **TB** (cînd răspunsul dorit este **TJ** se trece la etapa 2.4).
- 2.4. Se denormează parametrii (plecînd de la frecvența naturală normată, f_n , se calculează frecvența naturală, f_0 , necesară pentru formulele de proiectare).
- 2.5. Se alege configurația de **FAU** (cu intrare neînversoare, cu intrare înversoare sau bi-quad).
- 2.6. Se stabilește care dintre ecuațiile de proiectare (*A* sau *B*) vor fi utilizate.
- 2.7. Se calculează valorile rezistențelor R_{F1} și R_{F2} , folosind ecuațiile simplificate de proiectare.
- 2.8. Se determină factorul Q_p , numai atunci cînd produsul $f_0 Q > 10^4/10^5$ Hz.
- 2.9. Se stabilește amplificarea pentru fiecare secțiune de **FAU**, ținînd cont de curbele de răspuns la puterea maximă și de ecuațiile simplificate de proiectare.
- 2.10. Se calculează valorile rezistențelor R_G și R_Q , utilizînd ecuațiile simplificate de proiectare.

În continuare se va face o tratare mai detaliată a celor 10 etape de proiectare.

2.1. Alegerea parametrilor filtrului activ

a. Alegerea parametrilor

Se alege tipul funcției de transfer (**TJ**, **TS**, **TB** sau **RB**), tipul de răspuns (Butterworth,

Bessel sau Cebîșev), numărul de poli (N) și frecvența de tăiere (f_0) a întregului filtru.

Dacă funcția de transfer este **TJ**, **TS** sau **TB** se trece la etapa 2.2. Pentru realizarea funcției de transfer **RB** se va consulta și materialul prezentat mai jos.

b. Funcția de transfer **RB**

Pentru funcția de transfer **RB** se folosește schema electrică prezentată în figura 1, din care reiese că rejecția de bandă este obținută însumînd ieșirile **TJ** și **TS**. Pentru a realiza funcția **RB** se poate utiliza fie configurația cu intrare neînversoare (vezi fig. 3), fie configurația cu intrare înversoare (vezi fig. 4).

Rezistența de 15 kΩ se ajustează pentru a obține rejecție maximă. Cînd se folosesc ecuațiile

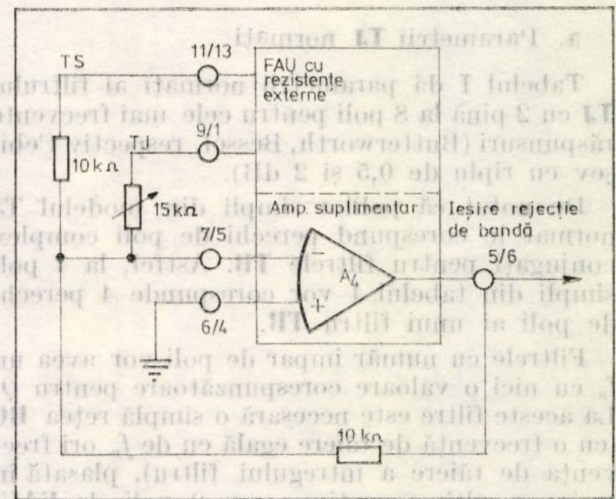


Fig. 1. Configurația pentru rejecție de bandă.

Tabelul 1. Parametrii filtrului TJ.

NUMĂR DE POLI	BUTTERWORTH		BESSEL		CEBISEV			
					RIPLU DE 0,5 dB		RIPLU DE 2 dB	
	f_n	Q	f_n	Q	f_n	Q	f_n	Q
2	1,0	0,70711	1,2742	0,57735	1,23134	0,36372	0,907227	1,1286
3	1,0	.....	1,32475	.....	0,626456	.....	0,363911	.....
	1,0	1,0	1,44993	0,69104	1,063853	1,7062	0,941326	2,5516
4	1,0	0,54113	1,43241	0,52193	0,597002	0,70511	0,470711	0,9294
	1,0	1,3065	1,60594	0,80554	1,031270	2,9406	0,963678	4,59333
5	1,0	.....	1,50470	.....	0,362320	.....	0,218303	.....
	1,0	0,61805	1,55876	0,56354	0,690483	1,1778	0,627017	1,77509
	1,0	1,61812	1,75812	0,91652	1,017735	4,5450	0,97579	7,23223
6	1,0	0,51763	1,60653	0,51032	0,396229	0,68364	0,31611	0,9016
	1,0	0,70711	1,69186	0,61120	0,763121	1,3104	0,730027	2,84426
	1,0	1,93349	1,90782	1,0233	1,011446	6,5123	0,982823	10,4616
7	1,0	.....	1,68713	.....	0,256170	.....	0,155410	.....
	1,0	0,55497	1,71911	0,53235	0,503863	1,0916	0,460853	1,64642
	1,0	0,80192	1,82539	0,66083	0,822729	2,5755	0,797114	4,11507
	1,0	2,2472	2,05279	1,1263	1,008022	3,8413	0,987226	14,2802
8	1,0	0,50980	1,78143	0,50599	0,296736	0,67657	0,237699	0,39236
	1,0	0,60134	1,83514	0,55961	0,598874	1,6107	0,571925	2,5327
	1,0	0,39993	1,95645	0,71085	0,361007	3,4657	0,842436	5,58354
	1,0	2,5629	2,19237	1,2257	1,005984	11,5305	0,990142	13,6873

de proiectare (A) (vezi paragraful 2.7) rezultă că $A_{TJ} = A_{TS}$, circuitul din figura 1 fiind aplicabil fără nici o modificare. Dacă se utilizează ecuațiile de proiectare (B), atunci $A_{TJ} = 10 A_{TS}$ și rezistența de la terminalul 9/1 trebuie să fie de 10 ori mai mare decât rezistența de la terminalul 11/13 pentru a obține amplificări egale la frecvențe mai mari, respectiv mai mici decât f_0 .

Există o restricție la intrare: tensiunea de intrare înmulțită cu A_{TB} nu trebuie să depășească tensiunea de ieșire vîrf la vîrf nominală a ieșirii TB , altfel vor rezulta limitări și distorsiuni ale semnalului (a se vedea curba de răspuns în frecvență la puterea maximă prezentată în lucrarea [1]).

2.2. Determinarea parametrilor normați ai filtrului TJ

a. Parametrii TJ normați

Tabelul I dă parametrii normați ai filtrului TJ cu 2 pînă la 8 poli pentru cele mai frecvente răspunsuri (Butterworth, Bessel, respectiv Cebîșev cu riplu de 0,5 și 2 dB).

De notat că polilor simpli din modelul TJ normat le corespund perechi de poli complex conjugată pentru filtrele TB. Astfel, la 4 poli simpli din tabelul I vor corespunde 4 perechi de poli ai unui filtru TB.

Filtrele cu număr impar de poli vor avea un f_n cu nici o valoare corespunzătoare pentru Q . La aceste filtre este necesară o simplă rețea RC (cu o frecvență de tăiere egală cu de f_n ori frecvența de tăiere a întregului filtru), plasată în serie cu ultima secțiune cu 2 poli de FAU. Amplificatorul operațional suplimentar conținut în FAU va fi folosit ca etaj separator pentru a izola rețeaua RC, astfel încît rezistența de intrare mare a amplificatorului operațional nu va afecta frecvența de tăiere a rețelei RC.

Frecvența de tăiere determinată din tabelul I este (1) frecvența la -3 dB a răspunsului Butterworth și a răspunsului Bessel și (2) frecvența la care răspunsul Cebîșev trece prin maximul riplului benzii (pentru a intra în banda de oprire).

b. Parametrii normați ai filtrului TJ Cebîșev

În tabelul II este dat un program Fortran care permite determinarea parametrilor normați f_n și Q pentru un filtru TJ tip Cebîșev cu orice riplu și cu orice număr de poli. Datele de intrare pentru program sînt numărul de poli (N) și riplul vîrf la vîrf (R). Ieșirile programului sînt f_n și Q , care vor fi utilizate exact ca valorile luate din tabelul I.

Tabelul II. Programul Cebîșev TJ.

```

COMPLEX P(10)
PI=3,1415926536
WRITE (5,1)
1 FORMAT (1X, 'DATI NUMĂRUL DE POLI: ', $)
READ (5,2) N
2 FORMAT (13)
WRITE (5,3)
3 FORMAT (1X, 'DATI RIPLUL CEBISEV: ', $)
READ (5,4) R
4 FORMAT (F8.6)
A=SQRT(EXP(R/4.3429448))-1.
B=1./A
AN=ALOG(B+SQRT(B**2+1.))
AN=AN/FLOAT(N)
J=MOD(N,2)+N/2
DO 10 K=1,J
RP=SINH(AN)*SIN(PI*FLOAT(2*K-1)/FLOAT(2*N))
XIP=COSH(AN)*COS(PI*FLOAT(2*K-1)/FLOAT(2*N))
WN=SQRT(RP**2+XIP**2)
Q=-WN/(2.*RP)
P(K)=CMPLX(WN,Q)
IF(MOD(N,2).NE.0.AND.K.EQ.J) GO TO 15
WRITE (5,20) P(K)
GO TO 10
15 F=REAL(P(K))
WRITE (5,30) F
10 CONTINUE
20 FORMAT (2X, 'FN=',E20.8, ' Q=',E20.8)
30 FORMAT (2X, 'FN=',E20.8)
STOP
END

```

2.3. Transformarea parametrilor

a. Transformarea de la TJ la TS

Pentru filtrele TS poate fi folosită următoarea transformare simplă:

$$f_n(TS) = \frac{1}{f_n(TJ)},$$

$$Q(TS) = Q(TJ).$$

b. Transformarea de la TJ la TB

Transformarea de la TJ la TB pentru a obține $f_n(TB)$ și $Q(TB)$ este mai complicată, dar poate fi făcută ușor cu calculatorul, utilizînd programul Fortran dat în tabelul III. În acest caz, datele de intrare pentru program sînt: f_n — din tabelul I pentru filtrul TJ considerat, Q — din tabelul I și $Q_{TB} = Q$ dorit al filtrului TB.

Pentru filtrele cu număr impar de poli (cînd Q nu este dat în tabelul I) se folosește $Q = 0,5$. Cînd se transformă zerourile pe axa imaginară se folosește pentru Q valoarea $10^6/10^5$.

Programul transformă fiecare pol TJ într-o pereche de poli TB. Aceasta înseamnă că, folosind pozițiile polilor pentru doi poli TJ, vor

Tabelul III. Programul de transformare de la TJ la TB.

```

COMPLEX P, S, U
WRITE (5,1)
1 FORMAT (1X, 'DAȚI FRECVENȚA NORMALĂ: ', $)
READ (5,2) FN
2 FORMAT (F12.5)
WRITE (5,3)
3 FORMAT (1X, 'DAȚI FACTORUL DE CALITATE: ', $)
READ (5,2) Q
WRITE (5,4)
4 FORMAT (1X, 'DAȚI Q TRECE-BANDA DORIT: ', $)
READ (5,2) QBP
Y=FN*SQRT (1.-(1/(Q**2))**2)
X=-FN/(Q**2)
P=CMPLX (X, Y)
U=CONJG(P)
DO 30 I=1,2
S=P/(2.*QBP)
P=S**2-1.
T=ATAN2 (AIMAG (P), REAL (P))
IF(T.GE.0) GO TO 10
T=2.*3.14159+T
10 T=T/2
A=SQRT (CABS (P))*COS (T)
B=SQRT (CABS (P))*SIN (T)
S=S+CMPLX (A, B)
FN=CABS(S)
Q=-FN/(2.*REAL(S))
WRITE (5, 20) FN, Q
20 FORMAT (2X, 'FN= ', F12.5, 'Q = ', F12.5)
IF(AIMAG(U).EQ.0) GO TO 40
30 P=U
40 STOP
END

```

rezulta pozițiile polilor pentru două perechi de poli **TB**, fiind necesare două etaje de FAU.

2.4. Denormarea parametrilor

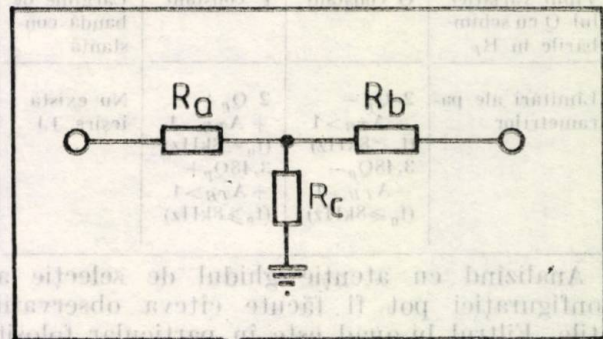
a. Denormarea lui f_n

În tabelul I pot fi găsiți cei 2 parametri, f_n și Q . Valorile lui Q nu trebuie denormate, dar ele trebuie folosite cu figura 6 în formulele simplificate de proiectare. În schimb, f_n trebuie denormat, multiplicându-l cu frecvența de tăiere dorită, f_t , a întregului filtru, pentru a obține frecvența naturală, f_0 , necesară pentru formulele de proiectare. Ca un exemplu, trebuie realizat un filtru **TJ** Cebîșev cu 6 poli, cu riplul de 0,5 dB și cu frecvența de tăiere de 1000 Hz. Primul etaj va fi proiectat pentru $f_0 = 396,229$ Hz și $Q = 0,6836$, al doilea etaj pentru $f_0 = 768,121$ Hz și $Q = 1,8104$, iar cel de-al treilea etaj pentru $f_0 = 1011,446$ Hz și $Q = 6,5128$. Pentru a combina cele trei etaje într-un filtru compus, ieșirea **TJ** a primului etaj (terminalul 9/1) va fi conectată la rezistența de intrare (R_c) a celui de-al doilea etaj, iar ieșirea **TJ** a etajului al doilea se va lega la rezistența de intrare a celui de-al treilea etaj.

b. Frecvența naturală, f_0

Frecvența naturală, f_0 , pentru fiecare pereche de poli ai filtrului **TB** este frecvența centrală, f_c , definită astfel: $f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$, unde $f_1 < f_c$ și $f_2 > f_c$ reprezintă frecvențele filtrului pentru care amplitudinea scade cu 3 dB.

Pentru a obține f_0 sub 100 Hz, folosind valori practice de rezistențe, trebuie utilizate rețele în *T* (așa cum se arată în fig. 2) în locul rezistențelor R_{F1} și R_{F2} . Rezistența echivalentă care se pune între terminalele 1/8 și 11/13, respectiv între terminalele 2/7 și 8/14 este:

Fig. 2. Rețea în *T* utilizată la frecvențe joase.

$$R = \frac{R_a \cdot R_b}{R_c} + R_a + R_b.$$

De asemenea, legarea unor condensatoare în paralel cu C_1 și C_2 (interne) reprezintă o altă modalitate de a micșora valorile rezistențelor R_{F1} și R_{F2} . În acest caz:

$$R_{F1}(\text{nou}) = R_{F2}(\text{nou}) = R_{F1}(\text{vechi}) \cdot \frac{1000 \text{ pF}}{C + 1000 \text{ pF}},$$

unde R_F (nou) este noua valoare mai mică a rezistențelor care determină frecvența, C este valoarea celor 2 condensatoare legate în paralel cu C_1 și C_2 , adică între terminalele 1/8 și 2/7, respectiv între terminalele 8/14 și 9/1. R_{F1} (vechi) este valoarea calculată cu ecuațiile simplificate de proiectare.

2.5. Selecția configurației

FAU poate fi configurat în 3 moduri diferite: cu intrare neinversoare, cu intrare inversoare și bi-quad. Fiecare configurație are caracteristici care pot fi dorite sau nedorite pentru o aplicație specifică. Pentru a alege configurația cea mai potrivită pentru o aplicație particulară trebuie consultat ghidul de selecție a configurației prezentat în tabelul IV.

Tabelul IV. Ghidul de selecție a configurației.

	Intrare ne-inversoare	Intrare in-versoare	Bi-quad
Ieșiri disponibile	TJ, TS și TB	TJ, TS și TB	TJ și TB
Ieșiri inversate	TB	TJ și TS	TJ și TB
Q și câștigul independent de rezistențele R_{F1} și R_{F2} ?	Da	Da	Nu
Tipul variației lui Q cu schimbările în R_F	Q constant	P constant	Lărgime de bandă constantă
Limitări ale parametrilor	$2 Q_p - A_{TB} > 1$ $(f_0 < 8 \text{ kHz})$ $3,48 Q_p - A_{TB} > 1$ $(f_0 \geq 8 \text{ kHz})$	$2 Q_p + A_{TB} > 1$ $(f_0 < 8 \text{ kHz})$ $3,48 Q_p + A_{TB} > 1$ $(f_0 \geq 8 \text{ kHz})$	Nu există ieșire TJ

Analizând cu atenție ghidul de selecție a configurației pot fi făcute câteva observații utile. Filtrul bi-quad este în particular folosit ca filtru **TB** dacă lărgimea de bandă a filtrului trebuie menținută constantă, cînd frecvența centrală variază. Dacă Q trebuie păstrat constant (Q constant la **TB** sau răspuns constant la **TJ** și **TS**) poate fi folosită una dintre celelalte două configurații. Pentru configurația bi-quad rezistențele R_G și R_Q au valori mai mici decît la celelalte două configurații, avantaj util mai ales la frecvențe înalte. Configurația cu intrare neinversoare are avantajul că, dacă $A_{TB} = 1$, atunci $R_G = 10^5/5 \cdot 10^4 \Omega$ și R_3 (intin) poate fi folosit ca R_G , fiind necesare numai 3 rezistențe externe (R_{F1} , R_{F2} și R_Q) pentru a configura filtrul.

2.6. Utilizarea ecuațiilor de proiectare (A) și (B)

Pentru f_0 sub 8 kHz se pot folosi ecuațiile de proiectare (A) sau (B).

Pentru f_0 mai mare sau egal cu 8 kHz trebuie folosite ecuațiile de proiectare (B). Dacă se utilizează în acest caz ecuațiile de proiectare (A), filtrul poate deveni instabil. Pentru a folosi ecuațiile (B) se conectează o rezistență de 11/5,49 k Ω între terminalele 11/13 și 13/12. Ecuațiile (B) sînt valabile și pentru frecvențe sub 8 kHz.

Valorile rezistențelor R_{F1} și R_{F2} calculate cu ecuațiile (B) sînt aproximativ o treime din acelea calculate cu ecuațiile (A). Astfel, utilizarea ecuațiilor (B) va fi avantajoasă mai ales la frecvențe mici, cînd este necesară o singură rezistență (în loc de trei) și aceasta nu va afecta în nici un fel performanțele filtrului.

2.7. Calcularea valorilor rezistențelor R_{F1} și R_{F2}

Cele 3 configurații: cu intrare neinversoare, cu intrare inversoare și bi-quad sînt prezentate în figurile 3, 4, respectiv 5.

Fiecareia dintre cele 3 configurații îi corespunde cite un set de ecuații detaliate de proiectare, care permit calcularea precisă a valorilor

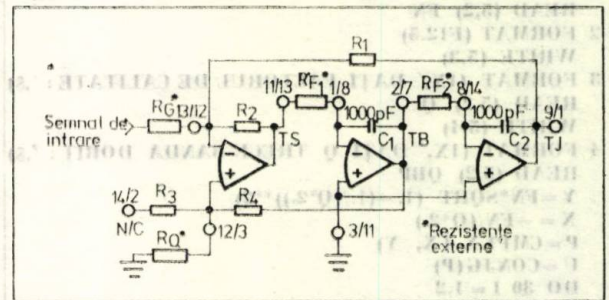


Fig. 3. Configurația cu intrare neinversoare.

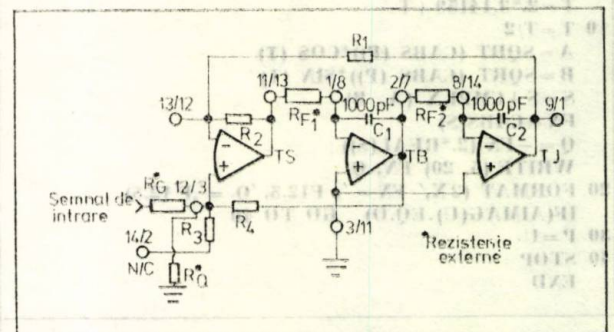


Fig. 4. Configurația cu intrare inversoare.

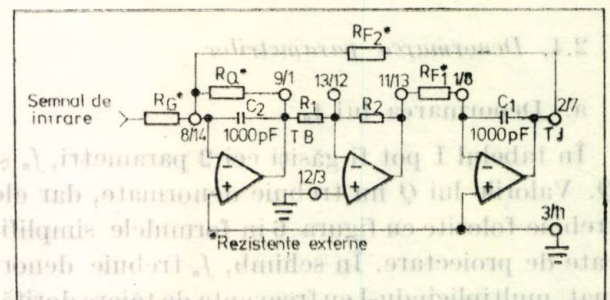


Fig. 5. Configurația bi-quad.

rezistențelor externe. Pentru ușurarea calculului vor fi date numai ecuațiile simplificate de proiectare, a căror utilizare nu introduce erori de calcul semnificative:

a. Pentru configurația cu intrare neinversoare (fig. 3)

$$1. R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0}; \quad (A)$$

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{5,033 \times 10^7}{f_0}. \quad (B)$$

$$2. A_{TB} = Q \cdot A_{TJ} = Q \cdot A_{TS}; \quad (A)$$

$$A_{TE} = \frac{Q}{3,16} A_{TJ} = 3,16 \cdot Q \cdot A_{TS}; \quad (B)$$

$$3. R_G = \frac{R \cdot Q}{A_{TE} \cdot Q_p}; \quad (A)$$

$$R_G = \frac{R \cdot Q}{A_{TE} \cdot Q_p}; \quad (B)$$

$$4. R_Q = \frac{R}{2Q_p - \frac{A_{TE} \cdot Q_p}{Q} - 1}; \quad (A)$$

$$R_Q = \frac{R}{3,48 Q_p - \frac{A_{TE} \cdot Q_p}{Q} - 1}; \quad (B)$$

b. Pentru configurația cu intrare inversoare (fig. 4)

$$1. R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0}; \quad (A)$$

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{5,033 \times 10^7}{f_0}; \quad (B)$$

$$2. A_{TE} = Q_p \cdot A_{TJ} = Q_p \cdot A_{TS}; \quad (A)$$

$$A_{TE} = \frac{Q_p}{3,16} A_{TJ} = 3,16 Q_p \cdot A_{TS}; \quad (B)$$

$$3. R_G = \frac{R \cdot Q_p}{A_{TE}}; \quad (A)$$

$$R_G = \frac{1,58 \cdot R \cdot Q_p}{5 \cdot A_{TE}}; \quad (B)$$

$$4. R_Q = \frac{R}{2Q_p + A_{TE} - 1}; \quad (A)$$

$$R_Q = \frac{R}{3,48 Q_p + A_{TE} - 1}; \quad (B)$$

c. Pentru configurația bi-quad (fig. 5)

$$1. R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0}; \quad (A)$$

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{5,033 \times 10^7}{f_0}; \quad (B)$$

$$2. A_{TE} = Q \cdot A_{TJ}; \quad (A)$$

$$A_{TE} = 3,16 Q \cdot A_{TJ}; \quad (B)$$

$$3. R_Q = Q_p \cdot R_{F1}; \quad (A)$$

$$R_Q = 3,16 Q_p \cdot R_{F1}; \quad (B)$$

$$4. R_G = \frac{R_Q}{A_{TE}}; \quad (A)$$

$$R_G = \frac{R_Q}{A_{TE}}; \quad (B)$$

Se precizează că, pentru a obține întotdeauna valori pozitive ale rezistențelor R_G și R_Q , amplificările în ecuațiile de mai sus se iau în valoare absolută.

Folosind formulele de proiectare 1, corespunzătoare configurației selectate în etapa 2.5 și setului de ecuații (A sau B) stabilit în etapa 2.6, se calculează acum valorile rezistențelor R_1 și R_{F2} .

2.8. Determinarea factorului Q_p

a. Factorul Q

Factorul de calitate Q este definit (pentru filtrul TB) ca fiind raportul dintre frecvența naturală (f_0) și lărgimea de bandă (Δf) la 3dB.

La stabilirea factorului Q trebuie să se țină seama de valorile maxime pe care acesta le poate avea funcție de frecvența de rezonanță, curba putînd fi găsită în lucrarea [1].

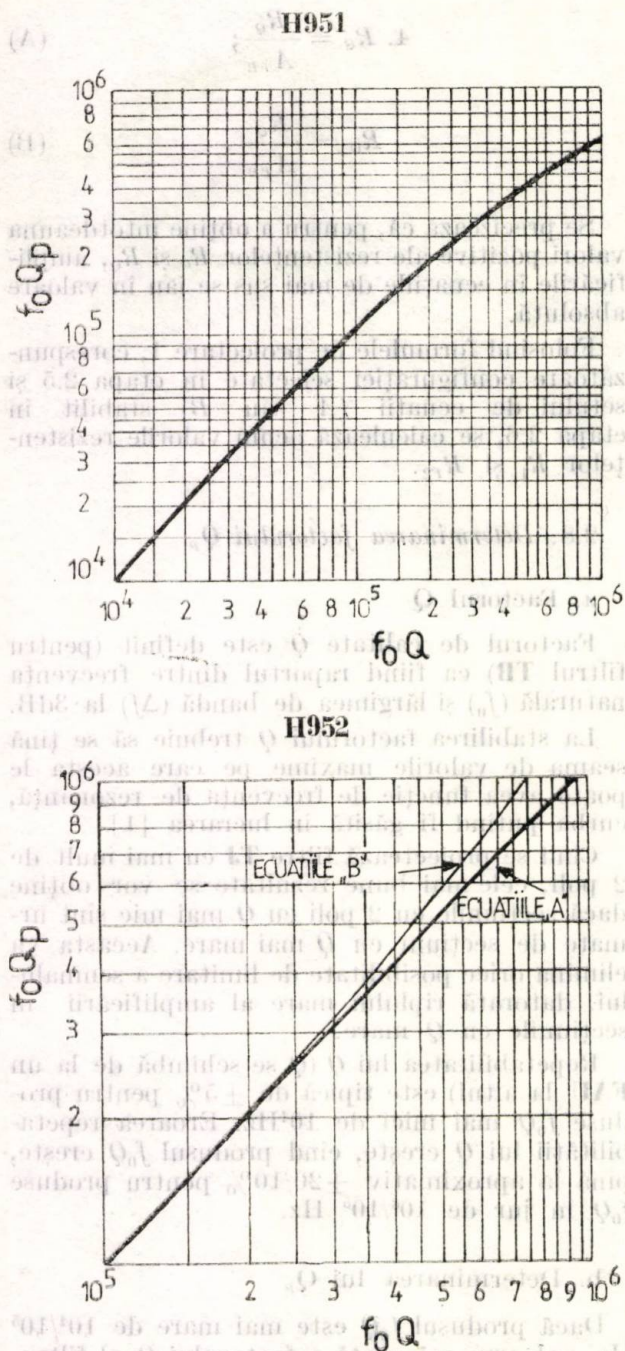
Cînd se proiectează filtre TJ cu mai mult de 2 poli, cele mai bune rezultate se vor obține dacă secțiunile cu 2 poli cu Q mai mic sînt urmate de secțiuni cu Q mai mare. Aceasta va elimina orice posibilitate de limitare a semnalului, datorată riplului mare al amplificării în secțiunile cu Q mare.

Repetabilitatea lui Q (Q se schimbă de la un FAU la altul) este tipică de $\pm 5\%$ pentru produse $f_0 Q$ mai mici de 10^4 Hz. Eroarea repetabilității lui Q crește, cînd produsul $f_0 Q$ crește, pînă la aproximativ $\pm 20/10\%$ pentru produse $f_0 Q$ în jur de $10^6/10^5$ Hz.

b. Determinarea lui Q_p

Dacă produsul $f_0 Q$ este mai mare de $10^4/10^5$ Hz, valoarea măsurată a factorului Q al filtrului poate fi diferită de valoarea sa calculată. Acest efect este rezultatul caracteristicilor ne-ideale ale amplificatoarelor operaționale. El poate fi compensat prin introducerea parametrului Q_p în ecuațiile de proiectare.

Se calculează produsul $f_0 Q$ al filtrului. Dacă produsul este $10^4/10^5$ Hz sau mai mare, se localizează produsul $f_0 Q_p$ corespunzător în figura 6. Se împarte $f_0 Q_p$ la f_0 pentru a obține Q_p . Se folosește Q_p așa cum apare în ecuațiile simplificate de proiectare, corectîndu-se astfel erorile de defazaj ale amplificatorului. Pentru produse $f_0 Q$ mai mici de $10^4/10^5$ Hz se folosește $Q_p = Q$.

Fig. 6. Determinarea lui Q_p .

2.9. Stabilirea amplificării fiecărei secțiuni de FAU

Amplificarea (V/V) a unei secțiuni de FAU este :

A_{TJ} (pentru ieșirea TJ) — amplificarea la c.c. ;
 A_{TB} (pentru ieșirea TB) — amplificarea la f_0 ;
 A_{TS} (pentru ieșirea TS) — amplificarea la frecvențe înalte (în banda de trecere).

Pentru a elimina orice posibilitate de limitare a semnalului filtrat, amplificarea fiecărei secțiuni de FAU se stabilește în așa fel încît

valorile vîrf la vîrf ale tensiunilor de ieșire s nu depășească limitele curbelor de răspuns în frecvență la puterea maximă (aceste curbe putînd fi găsite în lucrarea [1]).

Stabilirea amplificării fiecărei secțiuni de FAU se face ținînd cont și de setul de ecuații simplificate de proiectare utilizat, mai exact de formulele 2, care reprezintă relații între A_{TJ} , A_{TS} , A_{TB} , Q și Q_p . Dacă funcția de transfer dorită este TJ sau TS, cu formulele 2 de proiectare se calculează A_{TB} , necesară pentru formulele de proiectare 3 și 4.

2.10. Calcularea valorilor rezistențelor R_G și R_Q

Examinînd cu atenție ecuațiile simplificate de proiectare prezentate în etapa 2.7 se poate observa că, pentru calcularea valorilor rezistențelor R_G și R_Q , sînt necesare următoarele mărimi : Q , R_{F1} , Q_p , A_{TB} și R . Factorul Q a fost determinat în etapa 2.2 pentru funcția de transfer TJ sau în etapa 2.3 pentru funcțiile de transfer TS și TB. Valoarea rezistenței R_{F1} , necesară numai atunci cînd se folosește configurația bi-quad, a fost calculată în etapa 2.7. Factorul Q_p a fost determinat în etapa 2.8, iar amplificarea A_{TB} stabilită sau calculată în etapa 2.9. Se reamintește că pentru R se înlocuiește în calcule valoarea $10^5/5 \cdot 10^4 \Omega$. Cu formulele de proiectare 3 și 4 din setul de ecuații utilizat se calculează acum valorile rezistențelor R_G și R_Q .

Astfel, cele 2 rezistențe calculate în această etapă : R_G (de amplificare) și R_Q (care determină factorul Q), împreună cu rezistențele care determină frecvența (R_{F1} și R_{F2} — calculate în etapa 2.7) sînt suficiente pentru a configura fiecare secțiune de FAU.

Este utilă următoarea remarcă : în timp ce primele 3 etape se fac simultan pentru toate secțiunile filtrului, celelalte 7 etape trebuie făcute pentru fiecare etaj al filtrului.

3. Ajustarea erorilor de decalaj de curent continuu

Erorile de decalaj de curent continuu pot fi micșorate prin punerea la masă a terminalului 12/3 printr-o rezistență egală cu jumătate din

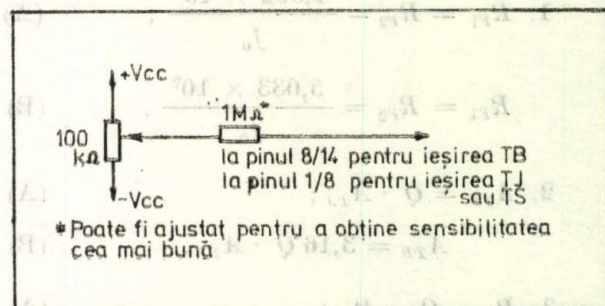


Fig. 7. Schemă pentru ajustarea erorilor de decalaj de curent continuu.

valoarea lui R_{F1} (sau R_{F2}). De asemenea, ajustarea acestor erori poate fi făcută cu montajul din figura 7. Cele două metode vor fi aplicate numai dacă acest lucru este absolut necesar. Se precizează că erorile de decalaj de curent continuu cresc atunci când rezistoarele care determină frecvența (R_{F1} și R_{F2}) au valori mai mari.

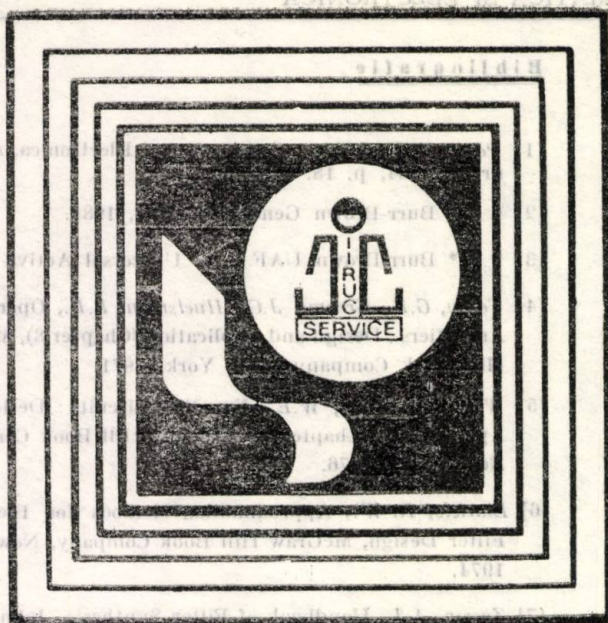
4. Concluzii

Materialul prezentat mai sus reprezintă un minimum necesar pentru proiectarea oricărei configurații de filtru activ. O aprofundare a fiecărei etape de proiectare poate fi făcută prin consultarea lucrărilor de specialitate [4—8].

Valabilitatea metodologiei de proiectare prezentate în această lucrare va fi verificată prin analiza unor exemple reprezentative de proiectare, rezultatele acestei analize urmînd a fi publicate într-o lucrare viitoare [9].

Bibliografie

- [1] Popescu, B., EEA — Automatica și Electronica, vol. 28, nr. 1, 1984, p. 18.
- [2] * * * Burr-Brown General Catalog, 1981.
- [3] * * * Burr-Brown UAF 41 — Universal Active Filter.
- [4] Tobey, G.E., Greame, J.G., Huelsman, L.P., Operational Amplifiers : Design and Application (Chapter 8), McGraw Hill Book Company, New York, 1971.
- [5] Wong, Y.J., Ott, W.E., Function Circuits : Design and Applications (Chapter 6), McGraw Hill Book Company, New York, 1976.
- [6] Daniels, R. W., Approximation Methods for Electronic Filter Design, McGraw Hill Book Company, New York, 1974.
- [7] Zverev, A.I., Handbook of Filter Synthesis, John Wiley and Sons, New York, 1967.
- [8] Temes, G.C., Mitra, S.K., Modern Filter Theory and Design, John Wiley and Sons, New York, 1973.
- [9] Popescu, B., Antohi, R., Iovan, S., va fi publicată în EEA — Automatica și Electronica.



IIRUC service

**Întreprinderea pentru Întreținerea
și Repararea Utilajelor de Calcul
și de Electronică Profesională**

București — România
Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, sector 2
Telefon : 88.20.70
Telex : Service I.I.R.U.C. 11716 R

Întreprinderea noastră a luat ființă în 1968, în București.

Acum, IIRUC oferă service tehnic pentru o gamă foarte largă de echipamente, printre care: ● comandă numerică pentru mașini-unelte ● sisteme și minisisteme de calcul ● instrumente electronice de analiză și măsură ● automate de dirijarea circulației ● televiziune în circuit închis ● radiotelefoane ● aparatură medicală ● diverse alte echipamente

În principal, service-ul tehnic pe care îl oferim se compune din :

● întreținerea preventivă periodică ● intervenții la cerere la sediul beneficiarului ● reparații și recondiționări în laboratoare proprii ● instruirea personalului de exploatare al beneficiarului.

Aceste servicii sunt oferite atât utilizatorilor, cit și producătorilor români sau străini, în România sau pe terțe piețe.

11 SECȚII DE PRODUCȚIE — 80 DE FILIALE

În prezent, IIRUC deține contracte de service cu mai mult de 16 000 de beneficiari români sau străini, deservind un parc de peste 350 000 de unități fizice.

Mai mult decât atât, acest parc se caracterizează prin existența a aproximativ 1 000 de tipuri diferite de echipamente, provenind de la 60 de producători independenți.

Pentru a răspunde acestor cerințe, ne-am structurat activitatea pe 11 secții de producție coordonate prin Sediul Central din București.

Secții naționale pentru service dedicat

● S 15 — Procese automatizate prin comandă numerică
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 87.37.20

● S 20 — Sisteme și minisisteme de calcul cu utilizare generală
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.68.20

Secții teritoriale pentru service generalizat

● S 03 — BUCUREȘTI

— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.60.65

● S 07 — OLTEANIA

— Cartier Rovine, bl. A, Craiova/România, tel. : 941/4.70.61

● S 08 — BANAT

— Piața 700, Timișoara/România, tel. : 961/3.45.26

● S 09 — TRANSILVANIA-NORD

— Str. Cîmpeni nr. 28, Cluj-Napoca/România, tel. : 951/3.41.14

● S 10 — TRANSILVANIA-SUD

— Str. Traian nr. 34, Brașov/România, tel. : 921/3.09.37

● S 11 — MOLDOVA

— Str. Republicii, Iași/România, tel. : 981/3.28.44, 3.33.02

● S 12 — MUNTENIA

— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.61.80

● S 13 — DOBROGEA

— Str. Poporului nr. 121, Constanța/România, tel. : 916/6.45.95, 6.47.93



FORTH—MEDIU DE PROGRAMARE PENTRU CREAREA DE LIMBAJE ORIENTATE SPRE APLICAȚII

Total diferit de limbajele convenționale, FORTH-ul este în același timp :

- limbaj de programare de nivel înalt
- limbaj de asamblare
- sistem de operare autonom
- mediu de programare pentru crearea de limbaje orientate spre aplicații
- filozofie de design software

Caracteristici principale : — extensibilitate

- flexibilitate
- portabilitate
- generare de cod compact

FORTH-ul este — după cum afirmă și autorul său Charles H. Moore — „un concept care polarizează”, opiniile despre el fiind extreme : „FORTH este un amplificator”. Un programator bun poate face o treabă fantastică, un programator slab una dezastruoasă; aceasta datorită flexibilității sale formidabile care permite o libertate totală în programare însoțită însă de întreaga responsabilitate a programatorului.

Componenta fundamentală a *cuvîntul*.

FORTH în sine este o succesiune de cuvinte denumită *dicționar* format din :

- nucleu
- partea predefinită

care este oferit programatorului ca punct de plecare, utilizarea cuvintelor care îl compun nefiind în totalitate obligatorie.

Folosind posibilitatea de extindere, la cuvintele existente deja în implementare, se adaugă cuvintele utilizator. Această extensibilitate aproape nelimitată îi dă FORTH-ului capacitatea de a crea *limbaje croite pe nevoile fiecărei aplicații*.

Domeniile sale de utilizare se obțin, la ora actuală, de la comanda lifturilor pînă la comunicare cosmică și robotică industrială, unde tinde să înlocuiască limbaje consacrate. În diverse dialecte, FORTH se află implementat pe aproape toate tipurile de calculatoare existente în țară.

În filiala I.T.C.I. Cluj-Napoca au fost realizate implementări compatibile cu standardul 79, pe :

- echipamente de tip TDF și TPD
- microcalculatoarele românești FELIX M-118, M-216, Telerom P 386.
- minicalculatoarele românești de tip INDEPENDENT, CORAL
- calculatoare personale de tip PRAE.

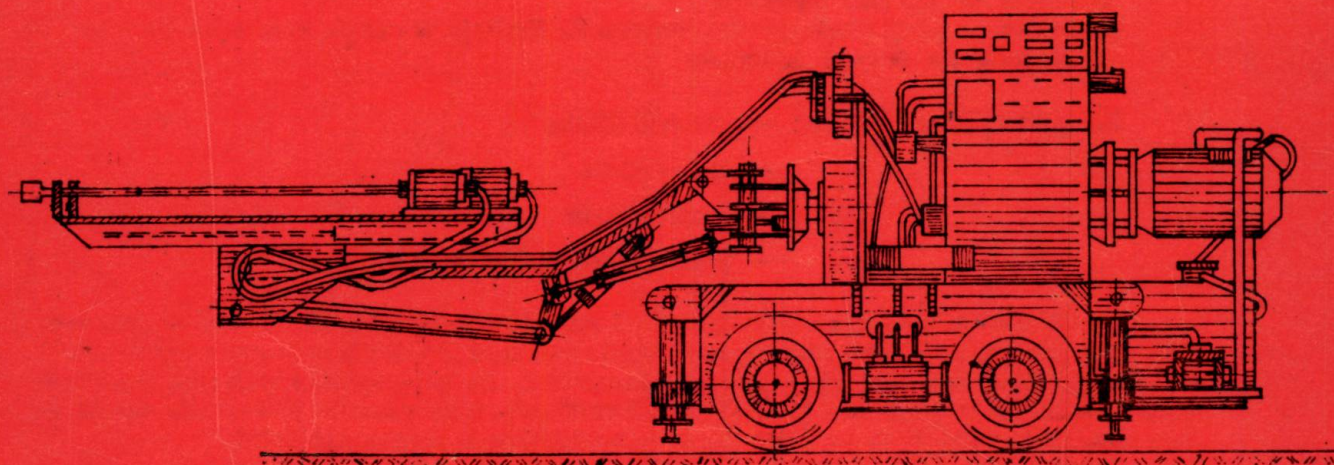
Plecînd de la mediul de programare FORTH, în filiala Cluj-Napoca a I.T.C.I. s-a realizat de asemenea un sistem software autonom pentru unități de comandă robot.

Pentru informații suplimentare privind implementările realizate și aplicații în domeniul roboților industriali, adresați-vă oricînd, cu încredere Filialei I.T.C.I. Cluj-Napoca.

ROBOTUL INDUSTRIAL MINIER

RIMM—1—0

PROIECTAT ȘI REALIZAT DE : — Întreprinderea mecanică de mașini și utilaj minier —
Baia-Mare Str. Baia Sprie Nr. 162.
— Institutul Politehnic Cluj-Napoca Facultatea de Mecanică, Catedra de Tehnologia Construc-
ției de Mașini Str. Emil Isac Nr. 15.
— Centrul de cercetare științifică și inginerie tehnologică și producție industrială pentru teh-
nica de calcul Filiala Cluj-Napoca, str. Republicii 109.



DESTINAȚIA : — Automatizarea perforării găurilor în minieritul metalelor neferoase. Brațul robotului poate manipula un perforator hidraulic sau un dispozitiv de plantat ancore.

DATE TEHNICE :

- Funcționare : în ciclu automat
- Comanda : prin microcalculator specializat multiprocesor
- Acționarea : hidraulică servocomandată în regim pas cu pas
- Raza de lucru maximă : 2000 mm
- Cursa de perforare : 1000 mm
- Numărul gradelor de libertate : 5
- Precizia de poziționare : ± 5 mm
- Puterea instalată : 25 kW/380 V
- Dimensiuni de gabarit : 4800 × 1010 × 1700 mm
- Autopropulsat ; pe pneuri
- Gradul de protecție : IP 54

1989 MAR 02

E 2040

66

4

EPE

Referativ

R

1989 MAP 14

Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA • BUCUREŞTI • ANUL 32 • NR. 4 • NOIEMBRIE 1988

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

Anul 32 Nr. 4 noiembrie 1988

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

CUPRINS

CZ 621.385.2 :535.4

DIODA VARICAP
CAPACITATE DE DIFUZIE

Rusu, A.: Structura varicap funcțională.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 159

Lucrarea prezintă o nouă diodă varicap care utilizează capacitatea de difuzie a unei joncțiuni pn, polarizată direct. Compensarea pierderilor datorate curenților rezistivi puternici se face cu un circuit electronic care asigură această compensare pentru orice valoare a capacității de difuzie.

CZ 621.3 :546.8 :546.2

DOPARE CU FOSFOR
OXIDARE ANODICĂ
CONCENTRAȚII SCĂZUTE

Kleps, I. ș.a.: Obținerea concentrațiilor de suprafață scăzute de fosfor în siliciu printr-o tehnică de oxidare anodică.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4 noiembrie 1988, p. 163

Lucrarea prezintă o metodă originală de impurificare controlată a siliciului din oxizi dopați obținuți printr-o tehnică de oxidare anodică cu H_2PO_4 . Prin această metodă se pot realiza straturi dopate cu concentrații cuprinse între 9×10^{19} — 10^{19} cm³.

CZ 621.395 :621.311

PRODUCȚIE FLEXIBILĂ
AUTOMATIZARE

Popescu, O. ș.a.: Sortator de plachete pe siliciu după grosime

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 165

Producția flexibilă a plachetelor de siliciu necesită echipamente complet automatizate de prelucrare mecanică, curățire și caracterizare din punct de vedere a parametrilor geometrici și electrice. Fiecare echipament este creat atât pentru lucrul în linia flexibilă cit și pentru o funcționare automată. Sortatorul de plachete de siliciu, după grosime, este partea integrantă a unei linii flexibile de prelucrare plachete.

CZ 538.551 :621.317.3

SILICIU
GHETERARE
DEFECTE

Sachelarie, D. ș.a.: Evoluția caracteristicilor de volum ale siliciului în timpul procesului de gheterare intrinsecă.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 166

Variația timpului de viață din siliciu în etapele de gheterare intrinsecă este corelată cu concentrația de oxigen și densi-

tatea de precipitate. Defectele de împachetare și precipitările de oxigen sînt analizate prin topografie de raze X și microscopie electronică TEM.

CZ 621.314.3 :537.3

REZIDUURI PONDERATE
POLINOM DE INTERPOLARE
MATRICE BANDA
DISCRETIZARE

Delibaltov, A. ș.a.: Modelarea bidimensională în regim static a tranzistorului MOS cu metoda elementului finit.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 168

Se consideră un tranzistor MOS la care sînt cunoscute caracteristicile geometrice, tehnologice și de material, care descriu realizarea dispozitivului. Pentru a determina distribuțiile de purtători și densitățile de curent (tensiunile aplicate pe dispozitiv sînt invariabile în timp), sistemul de ecuații specifice dispozitivelor semiconductoare a fost integrat numeric folosind metoda elementului finit. Domeniul de analiză s-a divizat în subdomenii adiacente triunghiulare. Integrarea sistemului s-a realizat folosind metoda reziduurilor ponderate. Funcțiile elementale sînt polinoame de interpolare de tip Hermite de gradul 5. Discretizarea domeniului s-a realizat semiautomat. Matricea coeficienților Galerkin a devenit o matrice bandă, aplicînd metoda Gauss-Legendre. Sistemul nelinier obținut a fost rezolvat prin metoda Gauss-Seidel.

CZ 537.311 :621.793

METALIZARE LA SEMICONDUCTOARE
INVESTIGARE MICROFIZICĂ
RETROÎMPRĂȘTIERE

Voiculescu, Gh. ș.a.: Efectele nedorite ale unor procese tehnologice asupra calității depunerilor de nichel pe plachete de siliciu.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 171

Lucrarea prezintă rezultate originale și inedite obținute prin prelucrarea spectrelor de retroîmprăștiere Rutherford (RBS) pentru depuneri de nichel pe siliciu, în diverse etape ale procesului de contactare. Sînt evaluate consecințele unor variații aparent nesemnificative ale variabilelor procesului de contactare a plachetei de siliciu asupra sudabilității și aderenței contactului.

CZ 621.385 :535.3

DIODE REDRESOARE DE PUTERE, RAPIDE
CARACTERISTICI „SOFT”

Lakatos, E. ș.a.: O comparație între difuzia de aur și platină în tehnologia de obținere a diodelor rapide de putere „soft recovery”.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 173

Lucrarea prezintă rezultatele studiului experimental privind realizarea diodelor rapide de putere, avînd caracteristica de revenire de tip „soft”. Experimentarea s-a axat pe două direcții paralele, privind metodele de reducere a timpului de viață al purtătorilor minoritari din baza diodei: difuzie cu aur, respectiv difuzia cu platină. Au fost analizate efectele grosimii bazei (W) și temperaturii tratamentelor termice de rapidizare, asupra caracteristicii de revenire în blocare a diodelor rapide de putere. S-a folosit siliciu monocristalin, (111), tip N, cu rezistivitatea 85 ± 10 cm. S-au realizat diode de putere cu grosimi ale bazei cuprinse între 120 μ m și 340 μ m, avînd diametrul structurii de 25 mm. Tratamentele de rapidizare au fost făcute la temperaturile 830°C și 870°C.

CZ 538.5 : 621.793

**CIRCUIT INTEGRAT
STRAT DE METALIZARE
TESTAREA ELECTRONICĂ A CIPURILOR**

Rădeanu, R. ș.a. : BP 14104, un circuit integrat cu două straturi de metalizare.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 177

Lucrarea prezintă primul circuit integrat românesc cu două straturi de metalizare: BP 14104, numărator de program de 4 biți, expandabil. Acest circuit face parte din seria 14000 de circuite integrate, pilotate de procesorul de 1 bit BP 14500 și avind aplicații în controlul automat al proceselor industriale. El este proiectat pe aria de porți logice BP 1000 și nu are un echivalent direct, fiind gândit pentru o cât mai bună compatibilitate funcțională cu BP 14500.

CZ 621.316.9 : 621.314.6

**DISPOZITIV SEMICONDUCTOR
CAPSULA METAL-PLASTIC
TERMOGRAFIE ÎN INFRAROȘU**

Nichita, A. ș.a. : Optimizarea performanțelor de putere disipată la dispozitive redresoare încapsulate în plastic.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 178

Lucrarea propune un model simplificat pentru descrierea limitărilor datorate disipării de putere în elementele interne de conectare, înglobate în rășină de mular, ale capsulei TO 220. Pentru caracterizarea regimului termic al dispozitivului redresor în capsula metal-plastic se apelează la determinări de temperatură în infraroșu.

Lucrarea prezintă o modalitate originală și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere. Procedul folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă, efectuată în condiții adecvate scopului urmărit.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 171

Lucrarea prezintă analiza tehnologiilor de contactare a structurilor de dispozitive semiconductoare de putere în module cu izolare de potențial pe baza experienței proprii, literaturii de specialitate și analizei unor mostre.

Lucrarea prezintă o modalitate originală și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere. Procedul folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă, efectuată în condiții adecvate scopului urmărit.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 173

Lucrarea prezintă o modalitate originală și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere. Procedul folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă, efectuată în condiții adecvate scopului urmărit.

Lucrarea prezintă o modalitate originală și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere. Procedul folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă, efectuată în condiții adecvate scopului urmărit.

CZ 535.352 : 537.22 : 621.382.23

**TIRISTOARE DE MARE PUTERE
IRADIERE
ELECTRONI DE ENERGIE ÎNALTĂ**

Banu, V. : Creșterea performanțelor tiristoarelor de mare putere prin iradiere cu electroni de energie înaltă.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 180

Lucrarea prezintă succint o modalitate originală și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere. Procedul folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă, efectuată în condiții adecvate scopului urmărit.

CZ 621.315 : 537-7

**TEHNOLOGII DE CONTACTARE
IZOLARE DE POTENȚIAL**

Peleanu, M. ș.a. : Analiza tehnologiilor de contactare a structurilor semiconductoare în module de putere cu izolare de potențial.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 182

Lucrarea prezintă analiza tehnologiilor de contactare a structurilor de dispozitive semiconductoare de putere în module cu izolare de potențial pe baza experienței proprii, literaturii de specialitate și analizei unor mostre.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 185

Lucrarea prezintă o modalitate originală și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere. Procedul folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă, efectuată în condiții adecvate scopului urmărit.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 181

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI ; dr. ing. I. BATRINA ; dr. ing. V. BUNEA ; prof. dr. ing. V. CATUNEANU ; ing. V. CEOCEONICA ; prof. dr. doc. st. tehn. ing. V. CORLATEANU ; prof. dr. ing. M. DRAGANESCU ; prof. dr. ing. M. HANGANUT ; prof. dr. doc. st. tehn. ing. G. HORTOPAN ; ing. I. ILIESCU ; ing. V. LEFTER ; dr. ing. A. MILLEA ; prof. dr. doc. st. tehn. ing. C. MOCANU ; prof. dr. ing. A. NICOLAIDE ; ing. A. POPA ; dr. ing. VALERIU STANCIU, redactor resp. adjunct ; dr. ing. FLORIN TEODOR TANASESCU, redactor responsabil.

Redactor principal: Viorica Anastasescu

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, noiembrie 1988, p. 173

Lucrarea prezintă o modalitate originală și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere. Procedul folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă, efectuată în condiții adecvate scopului urmărit.

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 621.385.2: 535.4

ВАРИКАП
ДИФФУЗНАЯ ЕМКОСТЬ

Русу, А.: Функциональная структура варикап.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 159

В статье представляется новый варикап, использующий диффузную емкость места соединения р-н, прямополяризованного. Компенсация потерей из-за сильных резистивных токов осуществляется электронной схемой, обеспечивающей эту компенсацию для любой величины диффузной емкости.

УДК 621.3: 546.8: 546.2

ФОСФОРНАЯ ЗАГЛУШКА
АНОДНОЕ ОКИСЛЕНИЕ
ПОНИЖЕННЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Клещ, И. и др.: Достижение пониженных поверхностных концентраций фосфора в кремнии техникой анодного окисления.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 163

В статье представляется оригинальный метод контроля за загрязнением кремния из заглушенных окисей полученных техникой анодного окисления с H_3PO_4 . Этим методом можно получить заглушенные слои концентрациями от $9 \cdot 10^{10}$ до 10^{19} см⁻³.

УДК 621.395: 621.311

ГИБКОЕ ПРОИЗВОДСТВО
АВТОМАТИЗАЦИЯ

Попеску, О. и др.: Сортировка кремневых плат по толщине.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 165

Гибкое производство кремневых плат требует полностью автоматизированное оборудование механической обработки, очистки и характеристики с точки зрения электрических и геометрических параметров. Оборудование изготовлено, сколько для работы при гибкой линии, столько и для автоматического функционирования. Сортировка кремневых плат, по толщине, является неотъемлемой частью гибкой линии переработки плат.

УДК 538.551: 621.317.3

КРЕМНИЙ
ГЕТЕРИРОВАНИЕ
ДЕФЕКТЫ

Сакелариу, Д. и др.: Эволюция характеристик объема кремния в процессе внутреннего геттерирования.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 166

Вариация времени жизни кремния в периодах внутреннего геттерирования, коррелируется с концентрацией кислорода и плотностью осадков. Дефекты упаковки и осадки кислорода анализируются при помощи топографией лучей X и электронных микроскопов ТЕМ.

УДК 621.314.3: 537.3

УМЕРЕННЫЕ ОСТАТКИ
ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫЙ ПОЛИНОМ
ЛЕНТОЧНАЯ МАТРИЦА
ДИСКРЕТИЗАЦИЯ

Делибалтов, А. и др.: Двухмерное моделирование транзистора МОС в статическом режиме методом конечного элемента.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 168

Имеются вид транзистор МОС, материальные, технологические и геометрические характеристики которого знакомы, описывающие изготовление устройства. Для определения распределения носителей и плотности тока (приложенные напряжения устройству неизменны во времени), система уравнений специфических полупроводниковых устройств численно интегрирована применяя метод конечного элемента. Область анализа разделилась в смежные треугольные подобласти. Интегрирование системы осуществилось применяя метод умеренных остатков. Элементарные функции — полиномы интерполяционные типа Гермита 5 порядка. Дискретизация области осуществлялась полубавтоматически. Матрица коэффициентов Галеркина стала ленточной матрицей применяя метод Гаусса-Легендр. Нелинейная полученная система решилась методом Гаусса-Сейдела.

УДК 537.311: 621.793

МЕТАЛЛИЗИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
МИКРОФИЗИЧЕСКОЕ ИЗЫСКАНИЕ
ОБРАТНОЕ РАССЕЯНИЕ

Войкулеску, Г. и др.: Неожиданное влияние некоторых технологических процессов на качество осаждения никеля на кремниевые платы.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 171

В статье представляются неизвестные и оригинальные полученные результаты при обработке спектров обратного рассеяния Rutherford (RBS) для осаждения никеля на кремний, в разных этапах процесса контактирования. Рассчитываются влияния кажущихся незначительных колебаний переменных процесса контактирования кремниевых плат на свариваемость и сцепляемость контакта.

УДК 621.385: 535.3

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ДИОДЫ-ВЫПРЯМИТЕЛИ МОЩНОСТИ
ХАРАКТЕРИСТИКИ „СОФТ“

Лакатош, Е. и др.: Сравнение между диффузией воздуха и платины в технологии изготовления быстродействующих диод мощности „soft recovery“.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 173

В статье представляются результаты экспериментального исследования по изготовлении быстродействующих диод мощности с характеристикой выпрямления типа „софт“. Эксперимент проводился в двух параллельных направлениях по методам уменьшения времени жизни неосновных носителей из основы диода: золотная диффузия, соответственно платиновая диффузия. Проанализировались влияния толщины основы (W) и температуры термических обработок ускорения на характеристику выпрямления при блокировке быстродействующих мощных диод. Использовался многокристаллический кремний, (III), типа II, удельным сопротивлением 85 ± 10 см. Изготовились мощные

диоды толщиной основы между 120 мкм и 340 мкм, диаметром структуры 25 мкм. Обработки ускорения про- во дились при 820°C и 870°C.

УДК 538.5: 621.793

ИНТЕГРАЛЬНАЯ СХЕМА СЛОЙ МЕТАЛЛИЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ЧИПОВ

Рыпану, Р. и др.: ВР 14104 интегральная схема с двумя слоями металлизирования.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 177

В статье представляется первая румынская интегральная схема с двумя слоями металлизирования: ВР 14104, счетчик программ 4-х битов, неопластический. Эта схема является составляющей серии 14000 интегральных схем, пилотированных процессором I бита ВР 14500 с применениями при автоматической контроле промышленных процессов. Она проектирована на поверхность логических схем ВР 1000 и не имеет прямого эквивалента, т.к. её разработали для самой лучшей функциональной совместимости с ВР 14500.

УДК 621.316.0: 621.314.6

ПОЛУПРОВОДНИКОВОЕ УСТРОЙСТВО МЕТАЛЛИЧЕСКО-ПЛАСТМАССОВАЯ КАПСУЛЯ ИНФРАКРАСНАЯ ТЕРМОГРАФИЯ

Никита, А. и др.: Оптимизация качественных показателей рассеиваемой мощности выпрямительных устройств полностью закрытых пластмассами.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 178

В работе предлагается упрощенная модель описания ограничений из-за рассеиваемой мощности во внутренних присоединительных элементов, заделываемых в формовочные смолы, капсулы ТО 220. Для характеризирования термического режима выпрямительного устройства в металлическо-пластмассовой капсуле применяются инфракрасные определения температуры.

УДК 535.352: 537.22 : 621.382.23

ТИРИСТОРЫ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОНЫ

Бану, В.: Повышение качественных показателей тиристорной большой мощности облучением высокоэнергетическими электронами.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 180

В работе кратко представляется оригинальный и эффективный способ обеспечивающий повышение серии параметров тиристорной большой мощности. Используемым способом при осуществлении этих требований является облучение высокоэнергетическими электронами, разработанным в соответствующих условиях этой цели.

УДК 621.315: 537.7

ТЕХНОЛОГИИ КОНТАКТИРОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СТРУКТУРЫ ИЗОЛЯЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА

Пеляну, М. и др.: Анализ технологий контактирования полупроводниковых структур в модулях с изоляцией потенциала.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, № 4, ноябрь 1988 г., стр. 181

В работе представляется анализ технологий контактирования структур мощных полупроводниковых устройств в модулях с изоляцией потенциала на основе собственного опыта, литературы по специальности и анализа опытных образцов.

INHALT

DK 621.385.2 : 535.4

VARICAP-DIODE DIFFUSIONSKAPAZITÄT

Rusu, A.: Die funktionelle Varicap-Struktur.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 159

Der Beitrag stellt eine neue Varicap-Diode, die die Diffusionskapazität einer direkt polarisierten pn-Verbindung verwendet, vor. Die Kompensation der durch die starken resistiven Ströme hervorgerufenen Verluste geschieht mit Hilfe einer elektronischen Schaltung, die diese Kompensation für jedwelchen Wert der Diffusionskapazität gewährleistet.

DK 621.3 : 546.8 : 546.2

PHOSPHORDOTIERUNG ANODISCHE OXYDATION GERINGE KONZENTRATIONEN

Kleps, I. u.a.: Erhalten von geringen Oberflächenkonzentrationen des Phosphors in Silizium durch eine anodische Oxidationstechnik.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 163

Der Beitrag stellt eine originelle Methode zur kontrollierten Verunreinigung des Siliziums aus dotierten Oxyden, die durch eine anodische Oxidierungstechnik mit H_3PO_4 hergestellt wurden, vor. Mit Hilfe dieser Methode können dotierte Schichten mit Konzentrationen zwischen $9 \times 10^{10} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ erhalten werden.

DK 621.395 : 621.311

FLEXIBLE PRODUKTION AUTOMATISIERUNG

Popescu, O. u.a.: Siliziumplättchen-Sortierer nach ihrer Dicke.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 165

Die flexible Herstellung von Siliziumplättchen benötigt vollkommen automatisierte Ausrüstungen für die mechanische Bearbeitung, Reinigung und Charakterisierung nach den geometrischen und elektrischen Parametern. Jeden Ausrüstung wurde sowohl für die Arbeit in der flexiblen Linie als auch für automatischen Betrieb entwickelt. Der Siliziumplättchen-Sortierer, nach ihrer Dicke, ist ein integrierter Bestandteil einer flexiblen Plättchenbearbeitungslinie.

DK 538. 551 : 621.371.3

SILIZIUM GETTERING DEFEKTE

Sachelarie, D. u.a.: Verlauf der Volumencharakteristiken des Siliziums während des hauptsächlichlichen Gettering-Prozesses

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 166

Die Veränderung der Silizium-Lebensdauer während der hauptsächlichlichen Gettering-Etappen ist mit der Sauerstoffkonzentration und der Präzipitatdichte korreliert. Die Verpackungsdefekte und die Sauerstoffpräzipitate werden mit Hilfe der Roentgenstrahltopographie und der TEM-Elektronenmikroskopie analysiert.

DK 621.314.3 :537.3

GEMÄSSIGTE RESTE
INTERPOLIERPOLYNOME
BANDMATRIX
DISKRETISIERUNG

Delibaltov, A. u.a.: Zweidimensionelles Modellieren im statischen Betrieb des MOS-Transistors mit Hilfe der Finite-Elementen-Methode.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 168

Es wird ein MOS-Transistor betrachtet, dessen geometrische, technologische und Materialcharakteristiken, die seine Herstellung beschreiben, bekannt sind. Um die Trägerverteilungen und die Stromdichten (die angelegten Spannungen sind zeitlich unveränderlich) zu bestimmen, wurde das den Halbleiterbauelementen spezifische Gleichungssystem numerisch, unter Verwendung der Finiten-Elementen-Methode, integriert. Der Analysebereich wurde in dreieckige benachbarte Unterbereiche aufgeteilt. Die Systemintegration wurde mit Hilfe der gemässigten Rest-Methode durchgeführt. Die Elementfunktionen sind Interpolierpolynome vom Hermite-Typ fünften Grades. Die Bereichdiskretisierung wurde halbautomatisch durchgeführt. Die Galerinkoeffizienten-Matrix wurde, durch Anwendung der Gauss-Legendre-Methode, zu einer Bandmatrix. Das erhaltene nichtlineare System wurde mit Hilfe der Gauss-Seidel-Methode gelöst.

DK 537.311 :621.793

HALBLEITERMETALLISIERUNG
MIKROPHYSISCHE UNTERSUCHUNG
RÜCKSTREUUNG

Voiculescu, Gh. u.a.: Nichterwünschte Effekte einiger technologischen Prozessen auf die Qualität von Nickelablagerungen auf Siliziumplättchen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 171

Der Beitrag stellt originelle Ergebnisse, die durch die Bearbeitung der Rutherford-Rückstreuungsspektren (RBS) für die Nickelablagerungen auf Silizium in den verschiedenen Etappen des Kontaktierprozesses erhalten wurden, vor. Es werden die Folgen der scheinbar unwichtigen Veränderungen der Veränderlichen des Kontaktierprozesses des Siliziumplättchens auf die Verschweissbarkeit und Kontakthaftung abgeschätzt.

DK 621.385.535.3

FLINKE LEISTUNGS-GLEICHRICHTERDIODEN
„SOFT“-CHARAKTERISTIKEN

Lakatos, E. u.a.: Ein Vergleich zwischen der Gold- und Platindiffusion in der flinken „Soft-Recovery“-Leistungsdioden.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 173

Der Beitrag stellt die Ergebnisse des experimentellen Studiums zur Herstellung von flinken Leistungsdioden mit einer „Soft“-Rückkehrcharakteristik vor. Die Versuche folgten zwei parallelen Richtungen bezüglich der Methoden zur Verminderung der Lebenszeit der minoritären Trägern aus der Diodenbasis: die Gold- bzw. Platindiffusion. Es wurden die Auswirkungen der Basisdicke (W) und der Temperatur der Wärmebehandlung für die Verflinkung auf die Rückkehr-Charakteristik im Sperrn der flinken Leistungsdiode analysiert. Es wurde monokristallines Silizium (111) vom Typ N, mit einem spezifischen Widerstand von 85 ± 10 cm verwendet. Es wurden Leistungsdioden mit Basisdicken zwischen $120 \mu\text{m}$ und $340 \mu\text{m}$, mit einem Struktur-

durchmesser von 25 mm erhalten. Die Verflinkungsbehandlungen wurden bei 830°C und 870°C durchgeführt

DK 538.5 :621.793

INTEGRIERSCHALTUNG
METALLISIERUNGSSCHICHT
ELEKTRONISCHES TESTEN DER CIPS

Răpeanu, R. u.a.: BP 14104 — eine Integrierschaltung mit zwei Metallisierungsschichten.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 177

Der Beitrag stellt die erste rumänische Integrierschaltung mit zwei Metallisierungsschichten, die BP 14104, ein Programmzähler von 4 bit, ausdehnbar, vor. Diese Schaltung gehört zu der Serie von 14000 Integrierschaltungen, die vom 1-bit-Prozessor BP 14500 gesteuert, in der automatischen Kontrolle der Industrieprozesse Anwendung findet. Sie ist für die logischen Tore BP 1000 entworfen und hat kein direktes Äquivalent, da sie für eine bestmögliche funktionelle Kompatibilität mit der BP 14500 entwickelt wurde.

DK 621.316.9 :621.314.6

HALBLEITERGERÄT
METALL-PLASTKAPSEL
INFRAROT THERMOGRAPHIE

Nichita, A. u.a.: Optimierung der Verlustleistungsperformanzen bei den in Plastmasse verkapselten Gleichrichtergeräten.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 178

Der Beitrag schlägt ein vereinfachtes Modell zur Beschreibung der durch die Leistungsverluste in den in Harz eingebetteten internen Schaltelementen der TO 220-Kapsel vor. Zur Charakterisierung des Wärmebetriebs des in eine Metall-Plastmassekapsel eingebauten Gleichrichtergeräts werden Temperaturbestimmungen in Infrarot durchgeführt.

DK 535.352 :537.22 :621.382.23

HOCHLEISTUNGSTHYRISTOREN
BESTRAHLUNG
ELEKTRONEN MIT HOHER ENERGIE

Banu, V.: Erhöhung der Performanzen von Hochleistungsthyristoren durch Bestahlung mit Elektronen hoher Energie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 180

Der Beitrag stellt eine originelle und effiziente Möglichkeit zur Verbesserung einer Reihe von Parametern der Hochleistungsthyristoren vor. Der zu diesem Zweck verwendete Vorgang ist die Bestahlung mit Elektronen hoher Energie, unter den dem verfolgten Zweck entsprechenden Bedingungen.

DK 621.315.537-7

KONTAKTIERTECHNOLOGIE
HALBLEITERSTRUKTUREN
POTENTIALISOLIERUNG

Peleanu, M. u.a.: Analyse der Kontaktiertechnologien von Halbleiterstrukturen in Leistungsmodulen mit Potentialisolierung.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, Nr. 4, November 1988, S. 182

Der Beitrag stellt eine aufgrund der eigenen Erfahrung, der Fachliteratur und der Analyse von Mustern aufgestellte Analyse der Kontaktiertechnologien von Leistungs-Halbleiterstrukturen in Modulen mit Potentialisolierung vor.

CONTENTS

DC 621.385.2:535.4

VARICAPDIODE DIFFUSION CAPACITANCE

Rusu, A.: Functional varicap structure.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 159

This paper presents a new varicap diode which employs the diffusion capacitance of a directly polarized pn junction. Compensation of losses due to strong resistive currents is obtained with an electronic circuit which ensures this compensation for each value of the diffusion capacitance.

DC 621.3:546.8:546.2

PHOSPHORUS DOPING ANODE OXIDATION LOW CONCENTRATIONS

Kleps, T. a.o.: Obtaining surface low phosphorus concentration in silicon by an anode oxidation technique.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 163

This paper presents an original method of controlled impurification of silicon from doped oxides obtained by an anode oxidation technique with H_2PO_4 . By this method it is possible to achieve doped layers having concentrations between $9 \times 10^{10} - 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.

DC 621.395:621.311

FLEXIBLE PRODUCTION AUTOMATION

Popescu, O. a.o.: Sorter of silicon wafers by thickness.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 165

Flexible production of silicon wafers needs totally automated equipment for mechanical processing, cleaning and characterization from the point of view of geometrical and electrical parameters. Each equipment is made both for working on the flexible line and for automated operation. Silicon wafer sorter, which takes into account the thickness, represents a part of wafer processing flexible line.

DC 538.551.621.317.3

SILICON GETTERING DEFECTS

Sachelaric, D. a.o.: Evolutions of silicon volume characteristics during intrinsic gettering process.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 166

Silicon lifetime variation during intrinsic gettering stages is correlated with oxygen concentration and precipitate density. Packing defects and oxygen precipitates are analysed by X-ray topography and TEM electronic microscopy.

DC 621.314.3:537.3

BALANCED RESIDUES MATRIX BAND DISCRETENESS

Delibaltov, A. a.o.: Steady-state two-dimensional modelling of MOS transistor by finite-element method.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 168

It is considered a MOS transistor for which material, technological and geometrical characteristics, which des-

cribe device manufacturing, are known. In order to measure carrier distributions and current densities (the voltages, applied to the device are nonvariables dependent on time), the set of equation specific to semiconductor devices was numerically integrated by finite-element method. Analysis domain was divided into triangular adjacent subdomains. System integration was achieved by balanced residue method. Elemental functions are Hermite-type 5 degree interpolating polynomials. Domain discreteness was semi-automatically achieved. Galerkin coefficient matrix became a matrix band, by applying Gauss — Legendre method. The obtained non-linear system was solved by Gauss-Leidel method.

DC 537.311.621.793

SEMICONDUCTOR PLATING MICROPHYSICAL INVESTIGATION BACKSCATTERING

Vofulescu, Gh. a.o.: Unwanted effects of certain technological processes on the quality of nickel deposits on silicon boards.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 171

This paper presents original results obtained by processing Rutherford backscattering spectra (RBS) for nickel deposits on silicon, at different stages of contacting process. There are evaluated the consequences of certain apparently unimportant variations of variables of silicon board contacting process on contact weldability and adherence.

DC 621.383:535.3

FAST POWER-RECTIFIER DIODES „SOFT” CHARACTERISTICS

Lakatos, E. a.o.: Comparison between sold and platinum diffusion within the technology for obtaining „soft recovery” fast power diodes.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 173

This paper presents the results of an experiment regarding the achievement of fast power diodes, having the recovery characteristic of soft type. The experiment had two parallel directions, regarding the methods of decreasing the lifetime of minority carriers from diode basis: gold diffusion and platinum diffusion, respectively. There were studied the effects of basis thickness (W) and of temperature of fast thermal treatments on the recovery characteristic under blocking condition of fast power diodes. It was used monocrystal (111) N-type silicon, having a resistivity of $85 \pm 10 \text{ cm}$. Power diodes having basis thickness between 120 μm and 340 μm , and structure diameter 25 mm were achieved fast treatments were made at temperatures ranging between 830°C and 870°C.

DC 538.5:621.793

INTEGRATED CIRCUIT PLATING LAYER CHIP ELECTRONIC TESTIG

Răpeanu, R. a.o.: BP. 14.104 — a two plating-layer integrated circuit.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, nr. 4, November 1988, p. 177

This paper presents the first Romanian integrated circuit having two plating layers: BP 14104, expandable 4-bit program counter. This circuit belongs to the „1400” series of integrated circuits directed by BP 14500 1 bit processor

and having application within the automated control of industrial processes. It is designed for the area of logical gates BP 1000 and has no direct equivalent, as it is made to achieve the best functional compatibility with BP 14500.

DC 621.316.9:621.314.6

SEMICONDUCTOR DEVICE
METAL-PLASTIC SEAL
IR THERMOGRAPHY

Nichita, A. a.o.: Optimizations of dissipated power performance for devices having plastic-seal rectifiers.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, November 1988, p. 178

This paper presents a simplified model for describing the limitations due to power dissipation within the connecting internal elements, found inside the moulding resin, of the TO 220 seal. In order to characterize the thermal condition of a device having the rectifier in a metal-plastic seal IR temperature measurements are made.

DC 621.315.527-7

HIGH POWER THYRISTOR
IRRADIATION
HIGH ENERGY ELECTRONS

Banu, V.: The increase of high power thyristor performance by irradiation with high energy electrons.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, November 1988, p. 180

This paper is a brief presentation of an efficient and original method for improving several parameters of high power thyristors. The procedure used to achieve all this is high-energy electron irradiation, under proper conditions.

DC 621.315.537-7

CONTACTING TECHNOLOGY
SEMICONDUCTOR STRUCTURES
POTENTIAL INSULATION

Peleanu, M. a.o.: Contacting technology analysis of semiconductor structures in power modules with potential insulation.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, nr. 4, November 1988, p. 182

This paper presents a contacting technology analysis of power semiconductor device structures having the form of potential insulation modules and based on authors' own experience, the existing literature and the analysis of several samples.

SOMMAIRE

CD 621.385.2:535.4

DIODE „VARICAP”
CAPACITÉ DE DIFFUSION

Rusu, A.: La structure „Varicap” fonctionnelle.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, no. 4, novembre 1988, p. 159

Cet ouvrage présente une nouvelle diode „Varicap” utilisant la capacité de diffusion d'une jonction pn, directe-

ment polarisée. La compensation des pertes dues aux courants puissants résistifs s'effectue par un circuit électronique qui assure cette compensation pour n'importe quelle valeur de la capacité de diffusion.

CD 621.3:546.8:546.2

DOPAGE AU PHOSPHORE
OXYDATION ANODIQUE
CONCENTRATION DIMINUÉES

Kleps, I. et au.: L'obtention des concentrations superficielles diminuées au phosphore dans le silicium par l'intermédiaire d'une technique d'oxydation anodique.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, no. 4, novembre 1988, p. 163

Cet ouvrage présente une méthode originelle d'impurification contrôlée du silicium contenu par les oxydes dopés à l'aide d'une technique d'oxydation anodique à H_3PO_4 . Par cette méthode on peut réaliser des couches dopées à concentrations se situant entre les limites de 9×10^{19} à 10^{19} cm^{-3} .

CD: 621.395:621.311

PRODUCTION FLEXIBLE
AUTOMATISATION

Popescu, O. et au.: Séparateur de supports de silicium selon l'épaisseur.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, no. 4, novembre 1988, p. 165

La production flexible des supports de silicium requiert un équipement complétement automatisé pour l'usinage, le nettoyage et la caractérisation du point de vue des paramètres géométriques et électriques. Chaque équipement est de telle manière conçu pour qu'il puisse être utilisé aussi bien pour le travail sur une ligne technologique flexible que pour un fonctionnement automatique. Le séparateur de supports de silicium, selon l'épaisseur, est partie intégrante d'une ligne flexible pour la préparation des supports.

CD 538.551:621.317.3

SILICIUM
„GETTERING”
DEFAULTS

Sachelaric, D. et au.: L'évolution des caractéristiques de volume du silicium pendant le procesus de „gettering” intrinsèque.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, no. 4, novembre 1988, p. 166

La variation de la durée de vie du silicium, dans les étapes de „gettering” intrinsèque est en corrélation avec les concentrations oxygène et la densité des précipités. Le défauts d'emballage et les précipités d'oxygène sont analysés par la topographie à rayons X et la microscopie électronique TEM.

CD 621.314.3:537.3

RESIDUS PONDERES
POLYNOME D'INTERPOLATION
MATRICE-BANDE
REPRESENTATION DISCRETE

Delibaltou, A. et au.: La représentation bidimensionnelle en régime statique du transistor MOS par la méthode des éléments finis.

E.E.A. — Automatica și electronica 32, no. 4, novembre 1988, p. 168

On envisage un transistor MOS dont on connaît les caractéristiques géométriques, technologiques et de matériel et

qui décrivent la réalisation de ce dispositif. Pour déterminer les distributions des parteurs et les densités de courant (les tensions utilisées sur le dispositif sont invariables par rapport au temps) le système d'équations spécifiques des dispositifs semi-conducteurs a été intégré numériquement en employant la méthode des éléments finis. Le domaine d'analyse a été séparé en sous-divisions adjacentes triangulaires. L'intégration du système s'est réalisée en employant la méthode des résidus pondérés. Les fonctions élémentaires sont des polynômes d'interpolation du type Hermite du 5 degré. La représentation discrète du domaine a été réalisée d'une manière semi-automatique. La matrice des coefficients Galerkin est devenue matrice-bande en employant la méthode Gauss-Legendre. Le système non linéaire obtenu a été mis au point par la méthode Gauss-Leidel.

CD 537.311:621.763

LA METALLISATION DES SEMI-CONDUCTEURS INVESTIGATION MICROPHYSIQUE RETRODIFFUSION

Voiculescu, Gh. et al.: **Les effets indésirables de certains processus technologiques sur la qualité des dépôts de nickel sur les supports de silicium.**

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 4, novembre, 1988, p. 171

Cet ouvrage présente les résultats originaux et inédits obtenus par la préparation des spectres de rétrodiffusion Rutherford (RBS) pour les dépôts de nickel sur le silicium dans les diverses étapes du processus de contact. On a évalué les conséquences des variations apparemment insignifiantes des variables du processus de contact des supports de silicium sur la soudabilité et l'adhérence du contact.

CD 621.1.385:535.3

DIODES REDRESSEUSES DE PUISSANCE, RAPIDES CARACTERISTIQUES „SOFT”

Lakatos, E. et al.: **Une comparaison entre la diffusion de l'or et du platine dans la technologie d'obtention des diodes rapides de puissance „soft recovery”.**

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 4, novembre, 1988, p. 173

Ce travail présente les résultats de l'étude expérimentale concernant la réalisation des diodes rapides de puissance ayant la caractéristique de rétablissement du type „soft”. L'expérience s'est déroulée en deux directions parallèles, c'est-à-dire les méthodes de réduction de la durée de vie des porteurs minoritaires situés à la base de la diode et la diffusion à l'or respectivement la diffusion au platine. On a analysé les effets de l'épaisseur de la base (W) et de la température des traitements thermiques d'accélération sur la caractéristique de rétablissement en état de blocage des diodes rapides de puissance. On a utilisé le silicium monocristallin (111), du type N, à la résistivité de $85 \pm 10 \text{ m}\Omega$. On a réalisé des diodes de puissances ayant les épaisseurs de la base entre 120 μm et 340 μm le diamètre de la structure de 25 mm.

Les traitements d'accélération ont été effectués à des températures de 830 °C et de 870 °C.

CD 538.5:621.293

CIRCUIT INTEGRÉ COUCHE DE METALLISATION LE TEST ELECTRONIQUE DES CHIPS

Răpeanu, R. et al.: **BP 14104 — un circuit intégré à deux couches de métallisation.**

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 4, novembre, 1988, p. 177

Cet ouvrage présente le premier circuit intégré roumain à deux couches de métallisation: BP 14104, compteur de programme à 4 bits, expansible.

Ce circuit fait partie de la série de circuits intégrés 14000 pilotés par un processeur de 1 bit BP 14500 utilisable dans le contrôle automatique des processus industriels. Ce circuit est projeté sur l'aire des portes logiques BP 1000 et n'a pas d'équivalent direct, étant conçu pour une meilleure compatibilité fonctionnelle avec le BP 14500.

CD 621.316.9.621.314.6

DISPOSITIF SEMI-CONDUCTEUR LA BOITE METAL-PLASTIQUE THERMOGRAPHIE À INFRA ROUGE

Nichita, A. et al.: **L'optimisation des performances de puissance dissipée des redresseurs en boîte plastique.**

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 4, novembre 1988, p. 178

Cet ouvrage propose un modèle simplifié pour la description des limitations dues à la dissipation de puissance dans les éléments internes de connexion englobés dans la résine de moulage de la boîte TO 220. Pour la caractérisation du régime thermique on fait appel à la détermination de la température à infrarouge.

CD 535.352:537.22.621.382.23

THYRISTORS HAUTE PUISSANCE IRRADIATION ELECTRONS HAUTE ENERGIE

Baru, V.: **L'augmentation des performances des thyristors de haute puissance par irradiation à électrons haute énergie.**

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 4, novembre 1988, p. 180

Ce travail présente brièvement une modalité originale et efficace par laquelle on peut améliorer certains paramètres des thyristors haute puissance. Le procédé utilisé pour l'accomplissement de ces desiderata est représenté par l'irradiation à électrons de haute énergie, effectuée dans des conditions appropriées au but poursuivi.

CD 621.315.537.7

TECHNOLOGIES DE CONTACT STRUCTURES SEMI-CONDUCTRICES ISOLATION DE POTENTIEL

Peleanu, M. et al.: **L'analyse des technologies de contact de structures semi-conductrices dans les modules de puissance à isolation de potentiel.**

E.E.A. — *Automatica și electronica* 32, no. 4, novembre, 1988, p. 182

Cet ouvrage présente l'analyse des technologies de contact des structures des dispositifs semi-conducteurs de puissance dans des modules à isolation de potentiel sur la base de l'expérience personnelle, de la littérature de spécialité et de l'analyse des échantillons.

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Automatica și electronica nr. 4

CZ 621.385.2 :535.4

DIODE VARICAP
CAPACITATE DE DIFUZIE

Structură varicap funcțională

ADRIAN RUSU* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Circuitele electronice folosesc în mod curent diode varicap care prezintă o capacitate dependentă de tensiunea aplicată la borne. Efectul capacitiv utilizat în acest caz este datorat sarcinilor din regiunea de barieră a joncțiunii și este cunoscut sub numele de capacitate de barieră. Pentru a obține factori de calitate ridicați joncțiunea se polarizează invers, reducându-se astfel la minim curenții rezistivi. Valorile capacității de barieră sînt mici (sub 100 pF), iar dependența de tensiune este slabă (parabolică).

Lucrarea de față prezintă posibilitatea utilizării în circuite integrate sau discrete a altui efect capacitiv al joncțiunii *pn*, cunoscut sub denumirea de capacitate de difuzie. Acest efect capacitiv rezultă din întârzierea răspunsului în curent de difuzie datorată fenomenelor de transport și de generare-recombinare ale purtătorilor de sarcină [1]. Dacă capacitatea de barieră poate fi asimilată și modelată ca atare precum un condensator plan — cel puțin în limitele aproximației de golire — capacitatea de difuzie este un efect funcțional. Admitanța complexă care descrie raportul curent/tensiune, asociată curentului de difuzie, prezintă un termen capacitiv, dependent de frecvență. La frecvențe joase (mult mai mică decît inversul timpului de viață) acest termen este independent de frecvență; sub această formă se va referi în lucrare noțiunea de capacitate de difuzie. Capacitatea de difuzie devine preponderentă față de capacitatea de barieră la polarizări directe ale joncțiunii. Ca urmare, utilizarea acestei capacități în condiții de factori de calitate crescuți impune precauții suplimentare de circuit pentru compensarea curenților rezistivi suficient de intensi în acest regim de polarizare a joncțiunii. Odată rezolvată această problemă se poate profita de avantajele capacității de difuzie și anume:

— dependența puternică, exponențială, de tensiunea aplicată sau liniară față de curentul

prin joncțiune, ceea ce implică o variație a capacității între limite foarte largi;

— valori ale capacității specifice (capacitate raportată la aria joncțiunii) mult mai mari decît la capacitatea de barieră; se pot obține ușor capacități de zeci sau sute de nanofarazi.

2. Teoria simplificată a joncțiunii *pn* în regim variabil semnal mic

Se consideră o joncțiune *pn* a cărei dependență tensiune-curent ($V_A - I_A$) în regim continuu este dată de:

$$I_A = I_0 \left[\exp \left(\frac{qV_A}{mkT} \right) - 1 \right], \quad (1)$$

unde I_0 este curentul de saturație, iar m — coeficientul de idealitate ($m \approx 1 \dots 2$); celelalte notații sînt consacrate.

Dacă peste tensiunea continuă, V_A , se aplică o tensiune variabilă (presupus armonică), $v_a(t) = V_a \sin \omega t$, de amplitudine $V_a \ll mkT/q$ (condiție de semnal mic), joncțiunea prezintă schema echivalentă din figura 1.

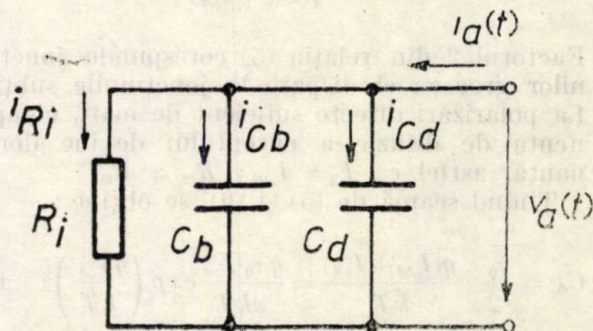


Fig. 1.

Schema conține rezistența internă, R_i , capacitatea de barieră, C_b , și capacitatea de difuzie, C_d . Curentul prin structură, i_a , corespunde sumei curenților prin fiecare din componente:

$$i_a = i_{Ri} + i_{Cb} + i_{Cd} \quad (2)$$

* Institutul Politehnic-București

Rezistența R_i pune în evidență fenomenul de variație în fază a sarcinii din regiunile cvasineutre ale joncțiunii și, implicit, a curentului i_{Ri} cu tensiunea v_a ; expresia matematică a acestei rezistențe este:

$$R_i = \frac{mkT}{q(I_A + I_0)} \quad (3)$$

Capacitatea de barieră, C_b , modelează fenomenele de variație a sarcinii din regiunea de sarcină spațială a joncțiunii și este dată de expresia

$$C_b = C_{b0} \left(\frac{\Phi_{B0}}{\Phi_{B0} - V_A} \right)^n \quad (4)$$

unde C_{b0} este valoarea capacității de barieră pentru $V_A = 0$, Φ_{B0} — diferența internă de potențial a joncțiunii, iar n — coeficientul parabolic ($n \approx 0,5 \dots 2$).

Capacitatea de difuzie, C_d , modelează fenomenul de transport prin difuzie a purtătorilor de sarcină injectați în regiunile cvasineutre ale joncțiunii; acest fenomen combinat cu fenomenul de recombinare a purtătorilor de sarcină determină o defazare cu $\pi/2$ a curentului i_{cd} în urma tensiunii v_a . Pentru calculul capacității de difuzie se folosește relația:

$$C_d = \frac{\tau_0}{2R_{id}} \quad (5)$$

unde τ_0 este timpul de viață al purtătorilor de sarcină în exces iar R_{id} este rezistența internă asociată componentei de difuzie a curentului:

$$R_{id} = \frac{kT}{q(I_{Aa} + I_{0d})} \quad (6)$$

Factorul 2 din relația (5) corespunde joncțiunilor groase; el dispăre la joncțiunile subțiri. La polarizări directe suficient de mari, componenta de difuzie a curentului devine dominantă, astfel că $I_A \approx I_{Aa}$; $R_{id} \approx R_i$.

Ținând seamă de (5) și (6), se obține:

$$C_d = \frac{\tau_0}{2} \cdot \frac{q(I_{Aa} + I_{0d})}{kT} = \frac{q\tau_0 I_{cd}}{2kT} \exp\left(\frac{qV_A}{kT}\right) \quad (7)$$

Observind relațiile (4) și (7) se poate trage concluzia că în regimul de polarizare directă capacitatea de difuzie devine preponderantă față de capacitatea de barieră; de asemenea, se observă posibilitatea de variație în limite extrem de largi a capacității de difuzie. Ca urmare, schema echivalentă a joncțiunii în polarizare directă se poate simplifica (fig. 2),

iar elementele ei se pot calcula cu următoarele relații (notînd $V_A = V_F$ și $I_A = I_F \gg I_0$):

$$R_i = \frac{mkT}{qI_F}; \quad (8)$$

$$C_d = \frac{q\tau_0 I_F}{2kT} = \frac{q\tau_0 I_0}{2kT} \exp\left(\frac{qV_F}{kT}\right) \quad (9)$$

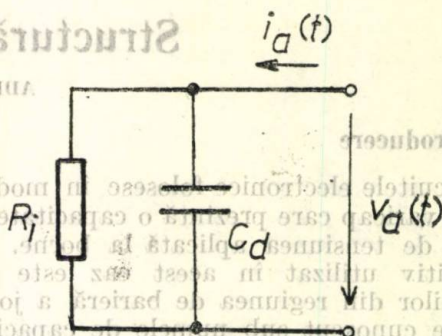


Fig. 2.

Trebuie remarcat că relațiile de mai sus au sens pentru frecvențe ale semnalului care satisfac relația $f \ll 1/\tau_0$ și amplitudini de semnal mic ($V_a < 2mV$).

3. Principiul de utilizare a capacității de difuzie în circuite electronice

Utilizarea în circuite a capacității de difuzie se poate face numai în măsura compensării „pierderilor” acestora prin rezistența R_i . Ca urmare, se propune principiul ilustrat în figura 3. În nodul A trebuie injectat un curent $i_i(t)$ în fază cu tensiunea $v_a(t)$; atunci curentul $i(t)$ absorbit de dipol este:

$$i(t) = i_{cd} + i_{Ri} + i_f \quad (10)$$

Pentru o funcționare capacitivă a schemei se impune $i \approx i_{cd}$, deci:

$$i_f = i_{Ri} \quad (11)$$

Relația (11) nu se poate menține riguros; pentru o funcționare stabilă a schemei și cu factor de calitate ridicat, este necesar:

$$Q \gg Q_{Ri} \quad (12)$$

Dacă, dimpotrivă, $i_f > i_{Ri}$ (13)

schema devine instabilă; dacă la bornele dipolului se conectează o inductanță schema devine autooscilantă.

Dificultatea realizării în practică a condiției de compensare (relațiile 11 sau 12) constă în faptul că aceasta trebuie păstrată pentru orice

valoare a capacității C_d . A nu se uita că rațiunea utilizării capacității de difuzie constă în posibilitatea variației ei în limite largi. În aceste condiții, variația capacității C_d duce la varia-

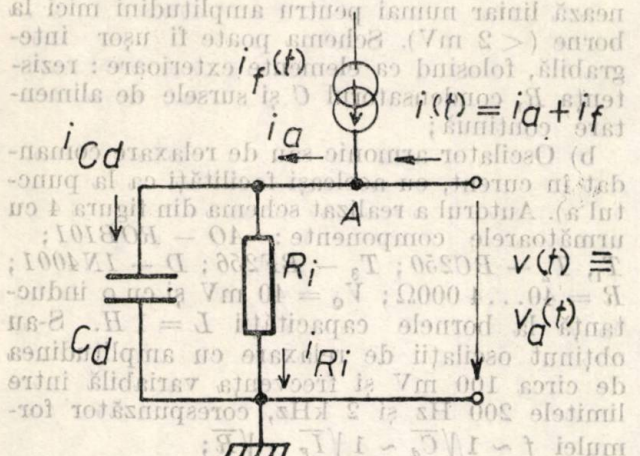


Fig. 3.

ția rezistenței R_i (vezi relația 5) și implicit a curentului i_{Ri} ; deci relația (11) se completează :

$$i_f = i_{Ri} = \frac{v}{R_i} = \frac{v}{mkT/q} I_F \quad (14)$$

ceea ce indică necesitatea ca schema să și automențină condiția de compensare pentru orice valoare a curentului I_F de comandă a valorii capacității de difuzie.

4. Schemă electronică de compensare automată a pierderilor capacității de difuzie [2]

În figura 4 se prezintă o schemă practică care permite utilizarea în circuite electronice a capacității de difuzie oferită de dioda D . Prin diodă se injectează un curent i_1 de la tranzistorul T_1 montat în configurație oglindă de curent cu tranzistorul T_2 ($i_1 = i_2$). Tranzistorul T_3 împreună cu amplificatorul operațional AO face o conversie tensiune (v) — curent ($i_2 = i_3$) pentru furnizarea curentului de compensare; totodată, se asigură polarizarea în curent continuu a diodei D de la sursa de tensiune V_Q . Neglijând curentul de intrare a amplificatorului operațional se pot scrie relațiile :

$$i_1 = i_2 = i_3 = \frac{V_Q}{R} + \frac{v(t)}{R}, \quad (15)$$

se observă că expresia curentului i_1 conține componenta de polarizare în curent continuu a diodei D :

$$I_F = \frac{V_Q}{R} \quad (16)$$

și componenta variabilă, de compensare :

$$i_f(t) = \frac{v(t)}{R}. \quad (17)$$

Realizarea condiției (11), respectiv (14), impune pe baza relațiilor (16) și (17) :

$$V_Q = m \frac{kT}{q} \quad (18)$$

În spiritul discuțiilor din paragraful precedent o funcționare capacitivă stabilă impune inegalitatea

$$V_Q > m \frac{kT}{q} \quad (19)$$

iar o funcționare autooscilantă :

$$V_Q < m \frac{kT}{q} \quad (20)$$

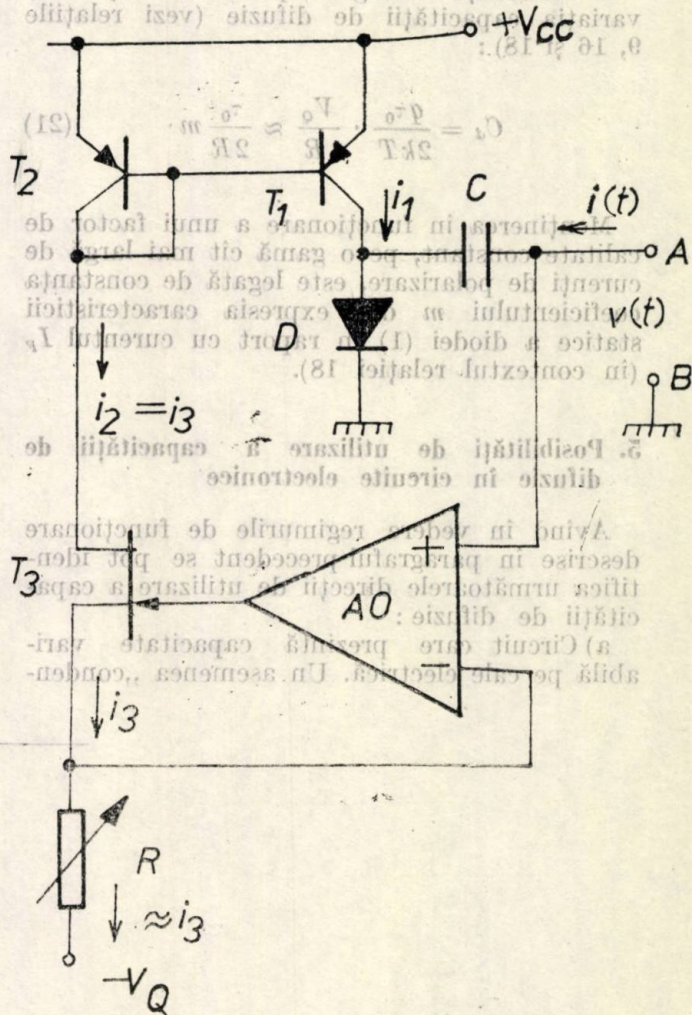


Fig. 4.

În funcționarea capacitivă stabilă, pe măsură ce inegalitatea (19) tinde spre egalitatea (18) factorul de calitate a capacității crește. Pentru o funcționare liniară amplitudinea tensiunii $v(t)$ trebuie păstrată la valori mici (tipic, sub 2 mV). În funcționarea autooscilantă (în cuplaj cu o inductanță între borne), depărtarea inegalității (20) de egalitatea (18) duce la creșterea amplitudinii semnalului și distorsionarea puternică a formei de undă (oscilații de relaxare); pentru menținerea formei de undă armonice, în acest caz, se impune folosirea unor circuite anexe suplimentare. Este remarcabil faptul că schema asigură condiția de compensare (18) pentru orice valoare a rezistenței R și, implicit, a curentului continuu I_F care asigură variația capacității de difuzie.

Avind în vedere cele de mai sus, se observă că rolul elementelor reglabile ale schemei este:

— tensiunea V_Q asigură, prin mici variații în jurul valorii mkT/q , regimul de lucru și factorul de calitate ($Q > 0$) în regimul stabil și $Q < 0$ în regimul autooscilant);

— rezistența R asigură, pentru un V_Q fixat, variația capacității de difuzie (vezi relațiile 9, 16 și 18):

$$C_d = \frac{q\tau_0}{2kT} \cdot \frac{V_Q}{R} \approx \frac{\tau_0}{2R} m. \quad (21)$$

Mentținerea în funcționare a unui factor de calitate constant, pe o gamă cât mai largă de curenți de polarizare, este legată de constanța coeficientului m din expresia caracteristicii statice a diodei (1) în raport cu curentul I_F (în contextul relației 18).

5. Posibilități de utilizare a capacității de difuzie în circuite electronice

Avind în vedere regimurile de funcționare descrise în paragraful precedent se pot identifica următoarele direcții de utilizare a capacității de difuzie:

a) Circuit care prezintă capacitate variabilă pe cale electrică. Un asemenea „conden-

sator variabil”, fără piese în mișcare, poate prezenta ușor rapoarte între valoarea maximă și cea minimă de ordinul 10^3 — 10^4 în domenii largi ale valorii de capacitate de la 10 pF la 100 nF. Un asemenea condensator funcționează liniar numai pentru amplitudini mici la borne (< 2 mV). Schema poate fi ușor integrabilă, folosind ca elemente exterioare: rezistența R , condensatorul C și sursele de alimentare continuă;

b) Oscilator armonice sau de relaxare comandat în curent, cu aceleași facilități ca la punctul a). Autorul a realizat schema din figura 4 cu următoarele componente: AO — ROB101; T_1, T_2 — BC250; T_3 — BF256; D — 1N4001; $R = 40 \dots 4000 \Omega$; $V_Q = 40$ mV și cu o inductanță la bornele capacității $L = 1$ H. S-au obținut oscilații de relaxare cu amplitudinea de circa 100 mV și frecvența variabilă între limitele 200 Hz și 2 kHz, corespunzător formulei $f \sim 1/\sqrt{C_d} \sim 1/\sqrt{I_F} \sim \sqrt{R}$;

c) Schemă de măsură a timpului de viață a purtătorilor în exces (τ_0). O astfel de schemă are avantajul de măsurare a acestui parametru în condiții normale, de lucru, a joncțiunii pn, putându-se ridica dependența acestuia de nivelul de injecție (I_F).

6. Concluzii

Lucrarea propune o modalitate nouă de realizare a unei capacități variabilă electric bazată pe capacitatea de difuzie. Această capacitate se manifestă preponderent asupra capacității de barieră în regimul de polarizare directă a joncțiunii pn. Pentru compensarea pierderilor datorate curenților mari ce trec printr-o joncțiune pn polarizată direct se folosește o schemă electronică suplimentară. Această modalitate de realizare a unei capacități variabilă electric are avantajul unei game dinamice foarte mari și permite realizarea de valori practic nelimitate ale capacității.

Bibliografie

- [1] Sze, S. M., Physics of Semiconductor Devices, J. Wiley, New York, 1981.
- [2] Rusu, A., Condensator variabil electronic, Brevet de invenție RSR, nr. 94905, 1986.

CZ 621.3 :546.8 :546.2

DOPARE CU FOSFOR
OXIDARE ANODICĂ
CONCENTRAȚII SCĂZUTE

Obținerea concentrațiilor de suprafață scăzute de fosfor în siliciu printr-o tehnică de oxidare anodică

IRINA KLEPȘ, CECILIA PODARU, VIOREL AVRAMESCU* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Față de procedeul clasic de oxidare termică, oxidarea anodică a siliciului prezintă avantajul procesării la temperaturi joase.

Bazat pe proprietatea oxidilor anodici de a îngloba anumite impurități din electrolit, experimental s-a urmărit doparea oxidului anodic cu fosfor, în vederea obținerii de concentrații de suprafață scăzute.

2. Descrierea experimentelor

S-au folosit plachete de siliciu tip *p* (substrat de rezistivitate 8–12 ohm.cm și *p/p*⁺ cu rezistivitatea epitaxialului 1 ohm.cm).

După curățarea chimică corespunzătoare, plachetele au fost oxidate anodic într-o celulă de anodizare [2] cu catod din platină folosind ca electrolit o soluție de H_3PO_4 10% în amestec cu etilenglicol (1:2). Experimentele efectuate cu electroliti având concentrații mai mici de 10% H_3PO_4 nu au dat rezultate satisfăcătoare din punct de vedere al uniformității concentrației de suprafață. Anodizarea s-a efectuat în condiții de curent constant. Densitatea de curent a fost de 7 mA/cm².

La substratele de siliciu de tip *p* 8–12 ohm.cm, contactul ohmic pe spatele plachetelor a fost îmbunătățit printr-o plusare cu bor sau printr-o depunere de aluminiu, apoi spatele și marginile au fost izolate cu ceară pentru a evita pierderile de curent. Plachetele de siliciu *p/p*⁺ au fost introduse direct în soluția de anodizare. Grosimea oxidului anodic dopat a fost măsurată elipsometric.

Pentru a se urmări variația concentrației de fosfor în siliciu s-a ales pentru oxid grosimea de 1 000 Å. Experimental s-a stabilit că grosimi de oxid mai mari nu modifică esențial valoarea ulterioară a dopajului. Plachetele cu oxid anodic dopat cu fosfor au fost predifuzate la diferite temperaturi. După înlăturarea oxidului s-au făcut măsurători de V/I și x_j ; plachetele au fost supuse în continuare unui proces de difuzie.

Predifuzia a avut loc la temperaturi de 800, 850, 900, 1 000 și 1 200° C în atmosfera de N_2 sau O_2 .

Temperaturile de difuzie au fost 1 000 și 1 200° C. După difuzie au fost efectuate din nou măsurători de V/I și x_j pentru determinarea concentrației de fosfor.

3. Rezultate experimentale și discuții

Pentru a putea fi obținute grosimi reproductibile de oxid anodic a fost stabilită, în prealabil, legea de variație a grosimii oxidului anodic dopat cu fosfor cu tensiunea de anodizare după cum se poate urmări în figura 1. Din măsurătorile $C-V$ efectuate pe capacitatoarele

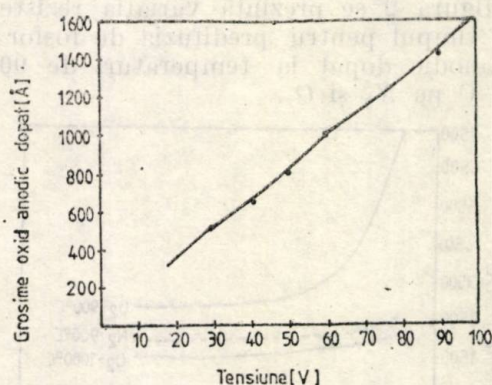


Fig. 1. Variația grosimii oxidului anodic dopat cu P cu tensiunea de anodizare.

cu oxid anodic reiese că acestea nu prezintă sarcini mobile în oxid. Sinteza experimentelor efectuate pentru a putea urmări variația concentrației de suprafață de fosfor cu temperatura este prezentată în tabelul 1.

Se observă că temperaturile optime pentru predifuzie sînt 900 și 1 000° C. La temperatura de 800 sau 850° C doparea este neuniformă iar temperatura de 1 200° C nu asigură obținerea de concentrații scăzute de suprafață după predifuzie. Tratamentele pe oxigen a oxidului anodic dopat cu fosfor conduc la obținerea de V/I -uri ridicate, 800 – 1 000 ohm.

Cele mai mici concentrații de suprafață obținute prin această tehnică, au fost cuprinse între 9×10^{16} – $1,8 \times 10^{18}$ cm⁻³ în cazul utilizării temperaturii de 900° C pentru predifuzie și 1 200° C pentru difuzie.

În cazul temperaturii de difuzie de 1 000° C se obțin adîncimi superficiale mai mici de 1 μm și concentrații de suprafață de 10^{18} – 10^{19} cm⁻³.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

DOPARE CU FOSFOR
OXIDARE ANODICĂ
CONCENTRĂȚII SCĂZUTE

Predifuzie

Sinteza experimentelor

Difuzie

Tabelul 1

Temp (°C)	Fluid	Timp (min)	V/I (Ω)	Temp (°C)	Timp O ₂	(min) N ₂	V/I (Ω)	xj (μm)	C (cm ⁻³)
800	N ₂	300	neunif	1200	10	50	400—1000	1,39	4 × 10 ¹⁶ —10 ¹⁷
850	N ₂	300	neunif	—	—	—	—	—	—
900	N ₂	20	450	—	—	—	—	—	—
900	N ₂	40	320	—	—	—	—	—	—
900	N ₂	270	163	1000	10	110	115—133	0,17—0,34	9 × 10 ¹⁸ —3 × 10 ¹⁹
900	N ₂	300	155	1000	15	165	95	0,4	10 ¹⁹
—	—	—	—	1200	10	50	150—190	0,17—0,34	10 ¹⁹
—	—	—	—	1200	15	240	50	4,1	4 × 10 ¹⁷
—	—	—	—	1200	15	960	50	8,35	1 × 10 ¹⁷
900	O ₂	20	1750	1200	15	240	55—86	4,87	1 × 10 ¹⁷
900	O ₂	40	750	1200	15	240	55—76	4,87	1 × 10 ¹⁷
1000	N ₂	20	116	1200	15	240	23—24	5,56	10 ¹⁸
1000	N ₂	40	76	1200	15	240	18—21	5,22	1,1 × 10 ¹⁸
1000	N ₂	60	75	1000	15	165	59—62	0,34	3 × 10 ¹⁹
1000	N ₂	120	56—59	—	—	—	—	—	—
1000	O ₂	20	390	1200	15	240	70	4,87	1,1 × 10 ¹⁷
1000	O ₂	40	285	1200	15	240	72	4,0	1,1 × 10 ¹⁷

În figura 2 se prezintă variația rezistenței/□ cu timpul pentru predifuzia de fosfor din oxid anodic dopat la temperaturi de 900 și 1 000° C pe N₂ și O₂.

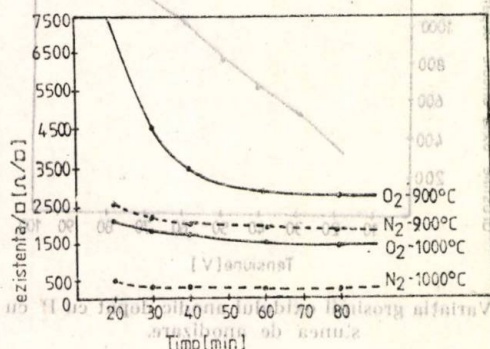


Fig. 2. Variația rezistenței/□ cu timpul pentru predifuzia de P din oxid dopat la temperaturile de 900 și 1000° C pe N₂ și O₂.

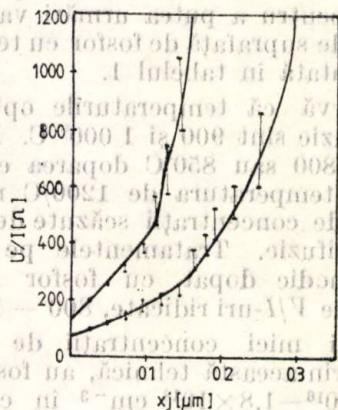


Fig. 3. Variația rezistivității cu adâncimea joncțiunii.

a) T = 900° C (4 h)
b) T = 1000° C (1 h)

Pentru aceste temperaturi s-a făcut și o profilare anodică a concentrației de fosfor în siliciu.

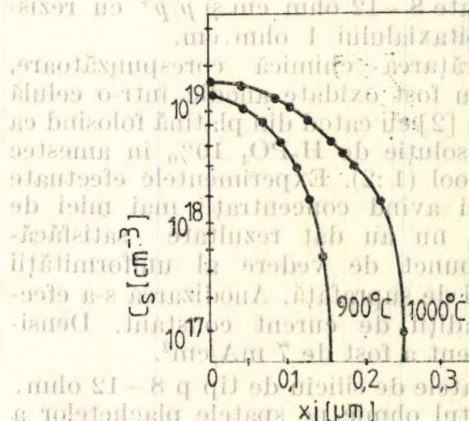


Fig. 4. Profilul de impurități (P) obținut după tratamentul oxidului anodic:

a) T = 900° C (4h)
b) T = 1000° C (1h)

Rezultatele măsurătorilor sint prezentate în figura 3. Prelucrarea acestor curbe cu un program adecvat [3] a condus la determinarea profilurilor de impurități corespunzătoare (fig. 4)

4. Concluzii

Lucrarea prezintă o metodă originală de impurificare controlată a siliciului din oxizi dopați. Prin această metodă se pot realiza straturi dopate cu concentrații similare celor obținute prin implantare ionică.

Din acest punct de vedere metoda apare accesibilă și ieftină.

Bibliografie

- [1] Beynon, J. D. E. Bloodworth, G. G. : Solid-State-Electronics, vol 16, p. 309, 1973.
- [2] Podaru C. Kleps, I. Bădilă, M. : Lucrările CAS, p. 130, 1986.
- [3] Avramescu, V. Lucrările CAS, p. 224, 1986.

CZ 621.395 :621.311

Sortator de plachete de siliciu după grosime

OVIDIU POPESCU, LIANA MACRI, MARIUS CĂPĂȚINĂ, VALENTIN DRĂGNEA* — BUCUREȘTI

1. Introducere

În procesul de realizare a plachetelor de siliciu destinate domeniului VLSI unul din cei mai importanți parametri geometrice este grosimea plachetei.

Sortatorul în clase geometrice de grosime poate fi folosit după operația de debitare a plachetelor din lingou precum și după operațiile de prelucrări mecanice de tip lepuire și lustruire sau de curățiri și corodări chimice.

Cu ajutorul lui se fac atât măsurători de grosime pentru determinarea plachetelor care se încadrează în clasele de grosimi prescrise cât și analiza statistică de distribuție pe lot a valorilor parametrului măsurat.

2. Descriere funcțională

Sortatorul de plachete de siliciu după grosime este un echipament complet automatizat al cărui element principal îl constituie unitatea de comandă (schema — bloc în fig. 1).

Arhitectura unității de comandă este realizată în jurul microprocesorului 8080. Comunicarea cu modulele indexoare se realizează paralel prin intermediul porturilor de intrare/ieșire care asigură totodată și separarea galvanică între unitatea de comandă și procesul condus.

Fiecare modul indexor este comandat de un microprocesor care asigură versatilitatea modului ca modul de recepție/livrare sau ca modul tampon și de o interfață simplificată cu unitatea de comandă. Totodată, introducerea

PRODUCȚIE FLEXIBILĂ
AUTOMATIZARE

microprocesorului oferă posibilitatea lucrului în paralel a tuturor modulelor indexoare crescându-se astfel productivitatea instalației.

Unitatea de măsură realizează măsurarea fără contact a grosimii plachetelor într-unul sau mai multe puncte și transmiterea rezultatului în cod BCD la unitatea de comandă. Măsurarea fără contact are la bază principiul capacitiv.

Comunicația între unitatea de comandă și modulele de indexare se realizează pe principiul Master-Slave.

Schema electrică detaliată este prezentată în figura 2.

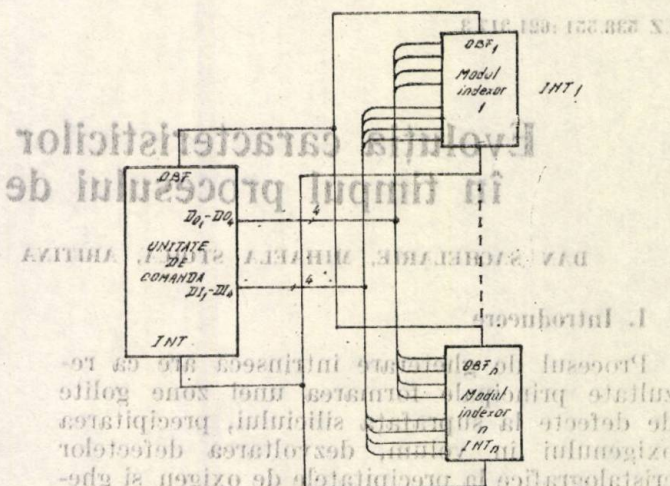


Fig. 2. Schema electrică detaliată.

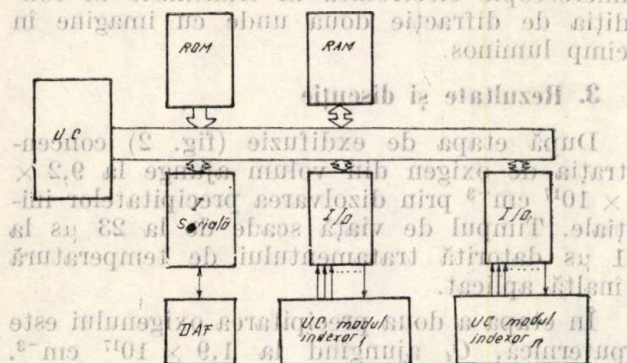


Fig. 1. Schema — bloc.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

În funcționare normală acest mod de comunicație scade mult timpul de procesare a plachetei.

Beneficiind de o comandă cu microprocesor, modulele indexoare își pot schimba simplu modul de lucru. Astfel, modulele pot îndeplini funcția de livrare plachete pentru măsură, funcția de încasare plachete pe grupe de grosimi, funcția de transfer a unei plachete spre modulul următor sau funcția de modul tampon pentru încasarea plachetelor rezultate dintr-o operație tehnologică în care plachetele sint prelucrate individual.

Postul de măsură, având o mecanică adecvată, permite măsurarea plachetelor într-unul sau mai multe puncte după necesitățile utilizatorului.

Programul de proces gestionează informațiile despre fiecare plachetă și comandă sortarea plachetelor în grupe de grosime pe baza informațiilor din postul de măsură.

Sortarea se poate realiza în 8 clase de grosime sau în 6 clase de grosime cu 2 clase de rezervă, clase ce se realcă automat în cadrul funcționării, în caz de defectare a unui modul de recepție, sau în cazul nedeservirii în timp util a modulului de către operator.

Pentru programul interactiv pot fi definiți parametrii geometrici care caracterizează fiecare grupă de plachete, numărul de clase de sortare, numărul de puncte de măsură și precizia de sortare.

4. Concluzii

Sortatorul de plachete este o instalație complet automatizată a cărei structură oferă fiabilitate în funcționare, crescându-se productivitatea până la 1 000 de plachete/oră și precizia de măsură la 1,5%.

CZ 538.551 :621.917.3

SILICIU
GHETERARE
DEFECTE

Evoluția caracteristicilor de volum ale siliciului în timpul procesului de ghetereare intrinsecă

DAN SACHELARIU, MIHAELA STOICA, ARITINA BĂDOIU, MARIANA SACHELARIU* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Procesul de ghetereare intrinsecă are ca rezultate principale formarea unei zone golite de defecte la suprafața siliciului, precipitarea oxigenului în volum, dezvoltarea defectelor cristalografice la precipitatele de oxigen și gheterearea impurităților metalice la defectele de volum [1—3]. Scopul lucrării este de a urmări dinamica acestor fenomene după fiecare etapă de tratament.

2. Condiții experimentale

S-au folosit plachete de siliciu tip *n*, de orientare (111) și rezistivitate 4—6 Ωcm . Procesul de ghetereare descris în figura 1 a cuprins o etapă (t_0, t_1) de exdifuzie a oxigenului interstițial O_i , una (t_1, t_2) de precipitare a acestuia și una (t_2, t_3) de dezvoltare a defectelor. Stabilitatea ghetereului a fost verificată prin creșterea (t_4) unui strat epitaxial de 7 μm , de tip *n*. Concentrația O_i a fost măsurată pe plachete de 2 mm prin absorbție de IR, folosind un factor de calibrare de $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Timpul

de viață τ a rezultat din măsurători $C-t$ pe capacitatori MOS. Topografia în raze X a fost utilizată pentru caracterizarea nedistructivă a plachetelor în diferite etape de proces. Lățimea zonei golite ZG și densitatea microdefectelor de volum N_v au fost determinate prin clivarea plachetelor, decorare în soluție Wright și analiza la un microscop electronic cu baleiaj. Defectele cristalografice au fost studiate prin microscopie electronică în transmisie în condiția de difracție două unde cu imagine în câmp luminos.

3. Rezultate și discuție

După etapa de exdifuzie (fig. 2) concentrația de oxigen din volum ajunge la $9,2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ prin dizolvarea precipitatelor inițiale. Timpul de viață scade de la 23 μs la 1 μs datorită tratamentului de temperatură înaltă aplicat.

În etapa a doua precipitarea oxigenului este puternică, O_i ajungând la $1,9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Timpul de viață crește la 220 μs ca urmare a formării unei zone golite de 25 μm și a unei densități de precipitate de $1,3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$.

După etapa a treia valorile O_i și ZG cresc datorită dizolvării precipitatelor de volum, care

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice-București

ajung la o densitate de $4,3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$; corespunzător τ scade la 130 μs . Procesul de dizolvare continuă și după etapa de epitaxie. Timpul de viață în stratul epitaxial are totuși o valoare ridicată, de 70 μs , deoarece $4,7 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ din precipitate au rămas stabile.

Defectele cristalografice de volum, puse în evidență mai întâi prin topografie de raze X (fig. 3) și prin SEM (fig. 4), au fost caracterizate apoi prin TEM. Precipitatele de oxigen sînt plate, se află în plane $\{100\}$ și au dimen-

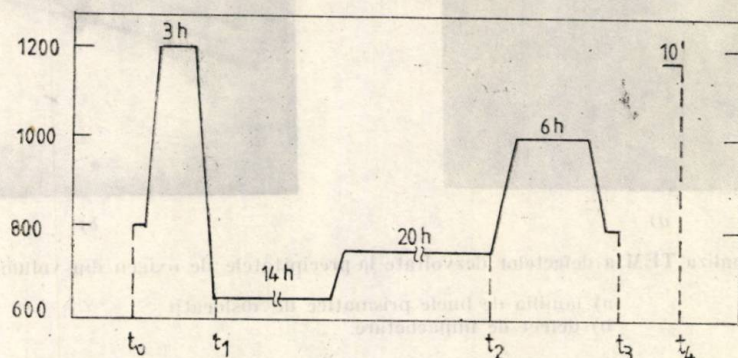


Fig. 1. Secvența în timp a etapelor de ghetare intrinsecă

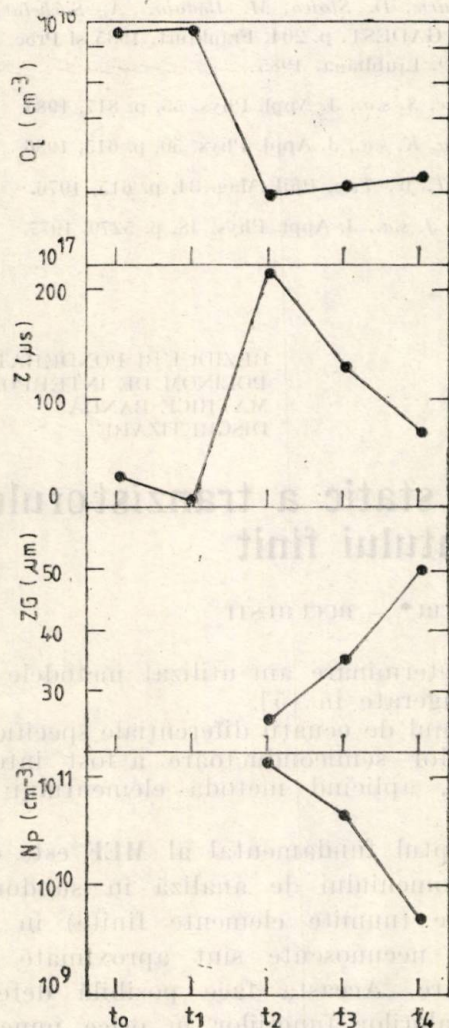


Fig. 2. Evoluția concentrației de oxigen interstițial O_i , a timpului de viață τ , a zonei golite ZG și a densității de precipitate de oxigen din siliciu N_p , în etapele succesive de ghetare intrinsecă corespunzătoare figurii 1.



Fig. 3. Topograma cu raze x a unei plachete ghetate.

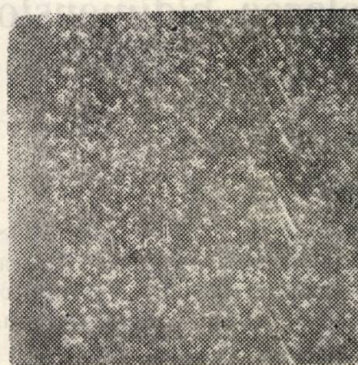


Fig. 4. Microdefecte de volum și zona golită în placheta ghetată.

siunea între 500 și 2000 Å. Câmpul de tensiune elastică din jurul precipitatelor conduce la formarea de dislocații prismatice [4]. În figura 5a se observă nucleația unei bucle-generator prin dezvoltarea unei dislocații pe direcția $[101]$, o buclă într-o dezvoltare incipientă pe

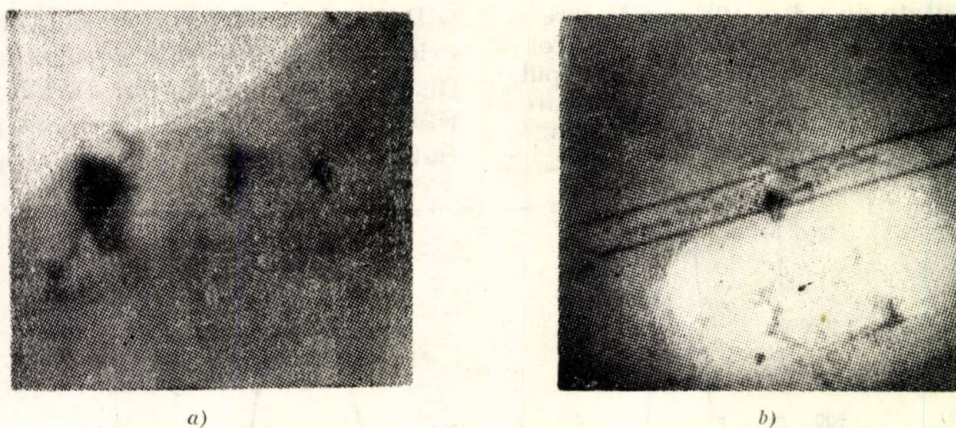


Fig. 5. Analiza TEM a defectelor dezvoltate la precipitatele de oxigen din volumul siliciului:

- a) familia de bucle prismatice de dislocații
b) defect de împachetare.

direcția [101] și două bucle împinse prismatice pe direcția [110].

Tensiunea din jurul precipitatelor poate genera și defecte de împachetare extrinseci [5] mărginite de dislocații parțiale Frank. În figura 5b apare un asemenea defect crescut pe direcția [101] dintr-un precipitat de SiO_2 aflat în centrul său. Defectul de împachetare este decorat în interior cu precipitate de impurități metalice gheterate din rețeaua siliciului.

Bibliografie

- [1] Sachelarie, D. Stoica, M. Bădoiu, A. Sachelarie, M. Proc. GADEST, p. 204, Frankfurt, 1985 și Proc. MIEL p. 629, Ljubliana, 1985.
- [2] Isomae, S. s.a., J. Appl. Phys. 55, p. 817, 1984.
- [3] Nauka, K. s.a., J. Appl. Phys. 50, p. 615, 1986.
- [4] Tan, T. W. Tice, Phil. Mag. 34, p. 615, 1976.
- [5] Patel, J. s.a., J. Appl. Phys. 48, p. 5279, 1977.

CZ 621.314.3:537.3

REZIDUURI PONDERATE
POLINOM DE INTERPOLARE
MATRICE BANDĂ
DISCRETIZARE

Modelarea bidimensională în regim static a tranzistorului MOS cu metoda elementului finit

ADRIANA DELIBALTOV, REMUS ALBU* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Se consideră un tranzistor MOS cu secțiunea transversală dată în figura 1. Sînt cunoscute caracteristicile geometrice, tehnologice și de material care descriu complet realizarea dispozitivului. Dacă se specifică tensiunile V_{sb} , V_{gs} și V_{bs} , invariabile în timp ($V_b = 0$) ne propunem să determinăm distribuțiile de purtători și densitățile de curent ale acestora, în orice punct al domeniului ABIJCDEF.

Pentru exemplificare am considerat un tranzistor MOS cu canal p descris în tabelul 1, cu profilul de impurități din figura 2, la a

cărui determinare am utilizat metodele analitice sugerate în [5].

Sistemul de ecuații diferențiale specific dispozitivelor semiconductoare a fost integrat numeric, aplicînd metoda elementului finit (MEF).

Conceptul fundamental al MEF este divizarea domeniului de analiză în subdomenii adiacente (numite elemente finite) în care funcțiile necunoscute sînt approximate prin interpolare. Aceasta face posibilă determinarea valorilor funcțiilor în orice punct al domeniului cu o aceeași eroare impusă. În plus ecuația de conservare a curentului se satisface în orice element finit [4].

* Întreprinderea Microelectronica — București.

2. Modelul matematic

Utilizăm — în continuare — notațiile și termenii specifici din [1] — [3] și [5], cu excepțiile:

- u : potențialul electrostatic în semiconductor
 u_n, u_p : cvasipotențialul Fermi pentru electroni (goluri)
 m_n, m_p : mobilitățile electronilor (golurilor)

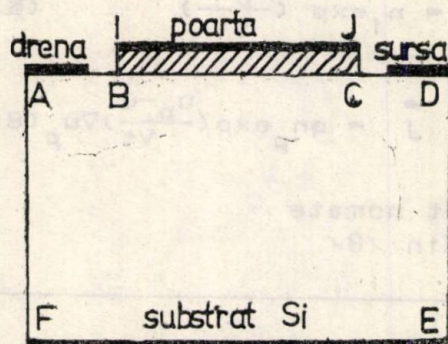


Fig. 1

$E = \{e_i(x, y) \mid i \in \{1, 2, \dots, N\}, e_i \in H\}$ este o bază în spațiul Hilbert H .

3. Ecuațiile fundamentale ale semiconductorului

Variabilele independente în care se explicitează comportamentul electric al tranzistorului sînt (U, U_n, U_p) . Ecuațiile normale și scalate (conform [5] pg. 141) ale semiconductorilor în regim static au forma din figura 3:

Concentrațiile de purtători și densitățile de curent sînt exprimate prin relațiile (5) — (8).

Avantajul setului de variabile utilizat este că potențialele au același ordin de mărime și concentrațiile negative de purtători sînt excluse, deci discontinuitățile logaritmice sînt eliminate. Aceasta, cu plata obținerii unei neliniarități accentuate a sistemului de ecuații.

Semiconductorul se consideră nedegenerat. Lărgimea benzii interzise nu depinde de concentrațiile de impurități care sînt parțial ionizate. Dependența mobilității de parametrii de model este stabilită prin relațiile date în [5], pg. 101 (4.1 — 64). Viteza efectivă

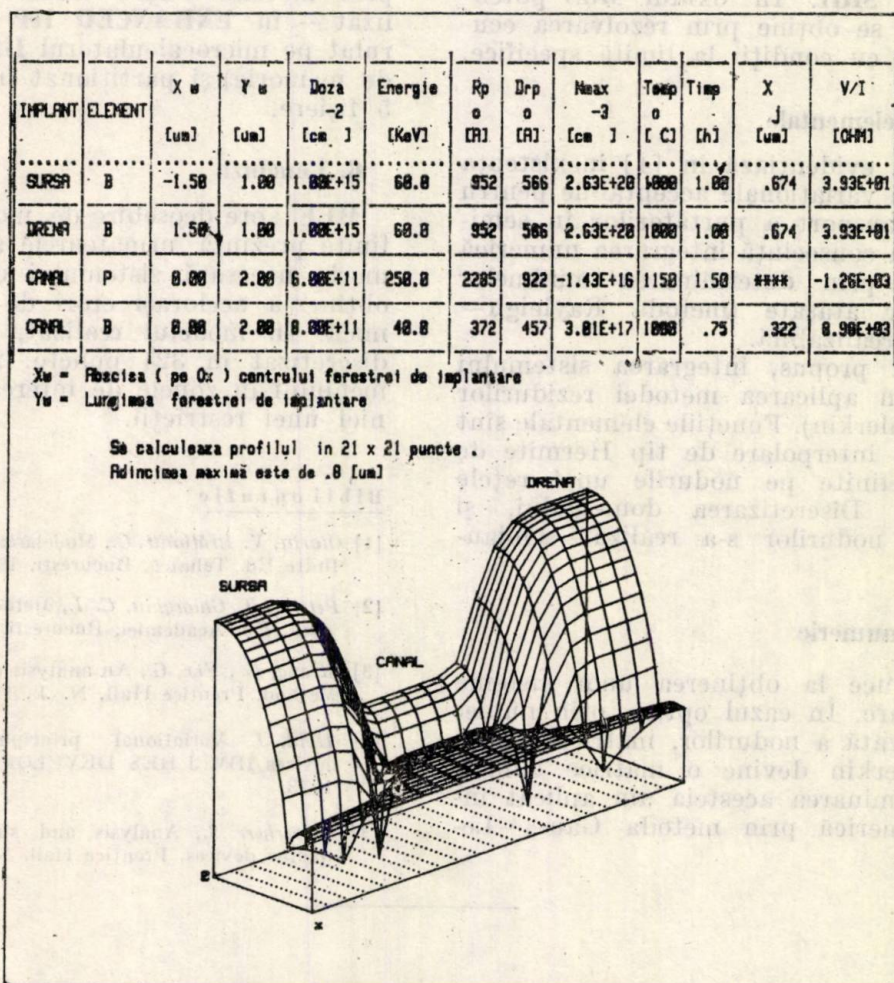


Fig. 2

$$F_1(U, U_n, U_p) = \nabla^2 U - (\exp(U - U_n) - \exp(U_p - U) - C_0(X, Y)) = 0 \quad (1)$$

$$F_2(U, U_n, U_p) = \nabla(m_n \exp(U - U_n) \nabla U_n) + R_n = 0 \quad (2)$$

$$F_3(U, U_n, U_p) = \nabla(m_p \exp(U_p - U) \nabla U_p) - R_p = 0 \quad (3)$$

$$n = n_i \exp\left(\frac{U - U_n}{V_t}\right) \quad (5) \quad p = n_i \exp\left(\frac{U_p - U}{V_t}\right) \quad (6)$$

$$\vec{j}_n = q n_i \exp\left(\frac{U - U_n}{V_t}\right) \nabla U_n \quad (7) \quad \vec{j}_p = q n_i \exp\left(\frac{U_p - U}{V_t}\right) \nabla U_p \quad (8)$$

Mărimiile scrise cu majuscule sînt nume
și scalare, conform regulilor din /8/

Fig. 3

de generare — recombinare este exprimată prin modelul SRH. În oxidul MOS potențialul electric se obține prin rezolvarea ecuației Laplace, cu condiții la limită specifice.

4. Ecuațiile elementale

J. H. Hohl evidențiază în [4] inexistența unei formulări variaționale acceptabile pentru ecuația de transport a purtătorilor în semiconductori. În consecință integrarea numerică a sistemului prin determinarea minimelor variaționalele atașate (metoda Rayleigh—Ritz) este nerealizabilă.

În modelul propus, integrarea sistemului s-a făcut prin aplicarea metodei rezidurilor ponderate (Galerkin). Funcțiile elementale sînt polinoame de interpolare de tip Hermite de gradul 5, definite pe nodurile unei rețele triunghiulare. Discretizarea domeniului, și numerotarea nodurilor s-a realizat semiautomat.

5. Modelul numeric

MEF conduce la obținerea unor sisteme cu matrici rare. În cazul optim, prin numerotarea adecvată a nodurilor, matricea coeficienților Galerkin devine o matrice bandă. Pentru determinarea acesteia am aplicat integrarea numerică prin metoda Gauss—Legendre.

Sistemul nelinier obținut a fost rezolvat prin metoda Gauss—Seidel. Programul realizat — în **ENHANCED HP BASIC** — a fost rulat pe microcalculatorul **HP 9845A** (64 kby de memorie) și partiționat într-un număr de 5 fișiere.

6. Concluzii

MEF, spre deosebire de metoda diferențelor finite prezintă următoarele avantaje: 1. Memoria necesară sistemului de calcul pentru obținerea aceluiași erori de calcul este mai mică. În modelul realizat, domeniul a fost discretizat în 324 puncte. 2. Rafinarea domeniului în zonele de interes nu este supusă nici unei restricții.

Bibliografie

- [1] Olariu, V. Brătianu, C., Modelarea numerică cu elemente finite Ed. Tehnică, București, 1986
- [2] Petrîlă, T. Ghiorguiu, C. I., Metode element finit și aplicații, Ed. Academiei, București, 1987.
- [3] Strang, G., Fix, G., An analysis of the Finite Element Method, Prentice Hall, N. J., 1973.
- [4] Hohl, J. Variational principles form semiconductor devices IBM J RES DEVELOP, Vol 22 No 2, Mar. 1978.
- [5] Selberherr S., Analysis and simulation of semiconductor devices, Prentice Hall, N. Y. 1983.

CZ 537.311:621.793

METALIZARE LA SEMICONDUCTOARE
INVESTIGARE MICROFIZICĂ
RETROÎMPRĂȘTIERE

Efectele nedorite ale unor procese tehnologice asupra calității depunerilor de nichel pe plachete de siliciu

GHEORGHE VOICULESCU*, EUGEN IVANOV*, DAN PLOȘTINARU*, GEORGE NICOLESCU*,
ANCA NICHITA**, ELENA GOLU**, ELENA SEREMETA**, ANA ICHIM**

1. Introducere

Nichelul este larg folosit pentru metalizarea plachetelor de siliciu din care se obțin structuri ce se contactează cu aliaje moi. Proprietățile acoperirii sînt influențate de un număr considerabil de variabile ce caracterizează etapele procesului de metalizare cu nichel a plachetei de siliciu și regimul de lipire. Stabilirea intervalelor de variații admisibile pentru parametrii procesului de contactare presupune accesul la metode microfizice de caracterizare a straturilor superficiale.

Lucrarea prezintă rezultate originale și inedite obținute prin prelucrarea spectrelor de retroîmprăștiere Rutherford (RBS) [1] pentru depuneri de nichel pe siliciu în diverse etape ale procesului de contactare și propune soluții pentru evitarea accidentelor de sudabilitate și aderență.

2. Efectul tratamentelor termice asupra depunerilor de nichel realizate prin evaporare în vid

Viteza de transformare a Ni în siliciură este influențată de impuritățile prezente în

atmosfera de tratament termic, de stratul de oxid nereproductibil și inevitabil de pe placheta de Si și de impuritățile conținute în depunerea de Ni [2].

Spectrul RBS din figura 1a nu se modifică pentru tratamente termice de 5 minute la $378^\circ C$ și $500^\circ C$ în H_2 , deși siliciura Ni_2Si se poate forma începînd de la $200^\circ C$ [2]. La $600^\circ C$, 5 minute în H_2 , stratul de Ni s-a transformat complet în $NiSi$ (fig. 1b) care nu este sudabilă. Calculele [2] dovedesc că pentru anumite condiții un strat relativ gros de Ni se poate transforma în siliciură la un tratament termic ce corespunde lipirii ($400^\circ C$, 5 minute, H_2). Formarea siliciurii este obligatorie pentru a realiza aderența Ni pe Si , iar conservarea unui strat de Ni nereacționat asigură sudabilitatea. De aceea se recomandă o barieră (Cr , Ti , siliciură) care să împiedice consumarea Ni în reacția de formare a siliciurii.

3 Efectul tratamentului termic corespunzător lipirii asupra metalizării obținute prin nichelare chimică

În timpul lipirii structurii la elementele capsulei ($400^\circ C$, H_2) o parte (300 Å) din Ni

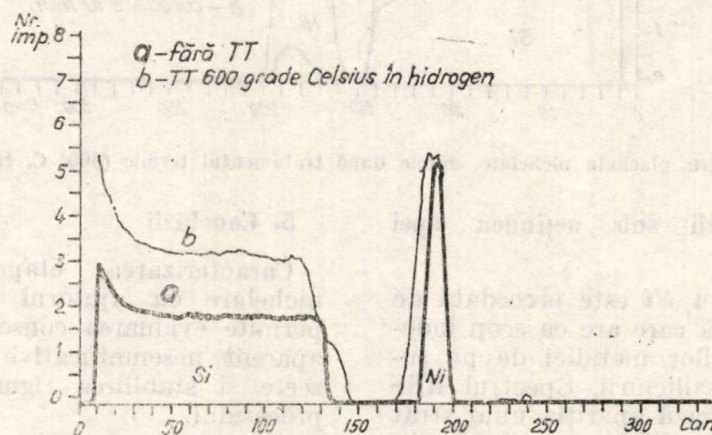


Fig. 1. Spectre RBS pentru Ni depus prin evaporare în vid.

* Întreprindere de piese radio și semiconductori —
Băneasa
** IFIN — București

depus peste siliciură se poate transforma în $NiSi$ (fig. 2). Deoarece cantitatea de P în Ni se conservă, concentrația P în stratul de

Ni crește de la 27% la 40%, ceea ce duce la degradarea sudabilității metalizării. Acciden-tele de acest tip se pot preveni dacă se reduce cantitatea de P prin depunerea Ni din soluție alcalină [2], lipirea se realizează la tempe-ratura minimă, iar stratul de Ni este sufi-cient de gros astfel încât formarea siliciurii să nu afecteze semnificativ concentrația P în stratul de Ni .

Creșterea oxidului de siliciu la suprafața siliciurii în absența unui tratament termic care să permită difuzia atomilor de Si , nu poate avea loc decât prin disocierea siliciurii [2]. De aceea efectul unui atac prelungit în apă regală (fig. 3b) este catastrofal. Siliciura este înlocuită de un strat de oxid care se îmbogățește continuu cu Si spre interfața cu Si . Stratul conține urme de Ni în concen-trație variabilă și este acoperit cu SiO_2 .

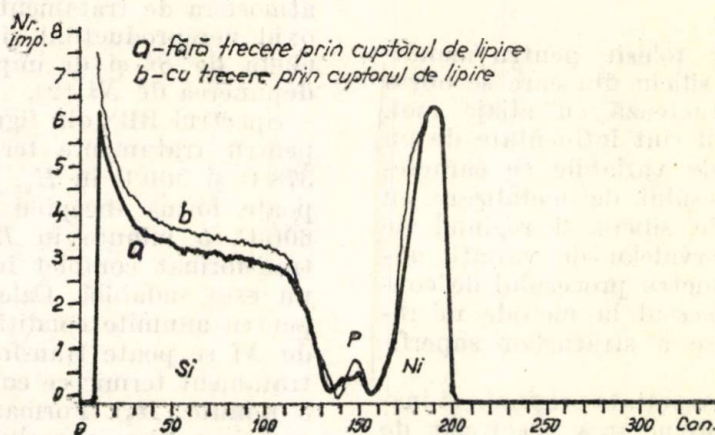


Fig. 2. Efectul trecerii prin cuptorul de lipire asupra Ni depus chimic pe Si .

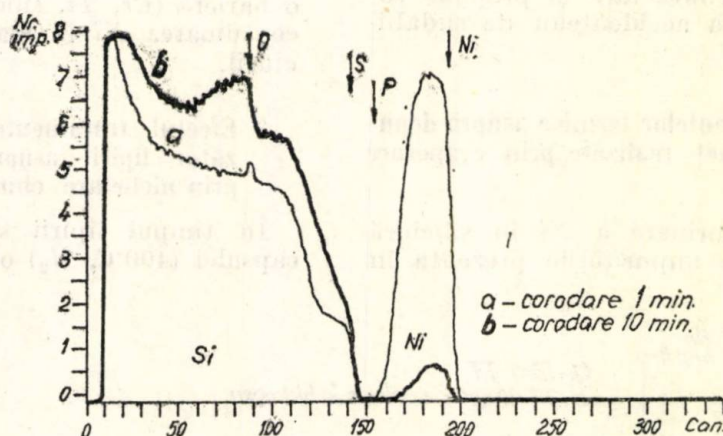


Fig. 3. Spectre RBS pentru plachete nichelate chimic după tratamentul termic ($600^\circ C$, N_2/H_2) și atac în apă regală

4. Disocierea siliciurii sub acțiunea apei regale

Depunerea chimică a Ni este precedată de o spălare în apă regală care are ca scop îndepărtarea contaminanților metalici de pe suprafața siliciului sau siliciurii. Spectrul RBS din figura 3a evidențiază apariția unui strat superficial de oxid de Si la suprafața siliciurii $NiSi$. De aceea atacul în apă regală este urmat întotdeauna de o etapă care asigură îndepărtarea oxidului de Si .

5. Concluzii

Caracterizarea etapelor procesului de nichelare cu ajutorul metodelor microfizice permite evaluarea consecințelor unor abateri aparent nesemnificative de la condițiile corecte și stabilirea riguroasă a parametrilor procesului.

Bibliografie

- [1] Ivanov, E., ș.a., Lucrările CAS, p. 307, 1987.
- [2] Dan, P. A., Teză de doctorat, București, 1988.

CZ 621.385 :535.3

DIODE REDRESOARE DE PUTERE, RAPIDE
CARACTERISTICĂ „SOFT”

O comparație între difuzia de aur și platină în tehnologia de obținere a diodelor rapide de putere "soft recovery"

EUGEN LAKATOȘ*, FELICIAN GOLU*, CARMEN LIICEANU*, FLORIAN ȚURȚUDĂU*),
VASILE LOGHIN**) — BUCUREȘTI

1. Introducere

Dezvoltarea în ultimul timp a convertizoarelor de frecvență, de putere mare, a necesitat, pe lângă punerea la punct a dispozitivelor de control al puterii (tranzistoare, tiristoare convenționale și cu stingere pe poartă) capabile să

funcționeze în regim de comutație la frecvențe mari, și realizarea unor familii de diode rapide de putere mare, care să suporte tensiuni înalte de blocare. Un parametru important, care determină atât frecvența limită de funcționare, cât și circuitul de protecție al diodei, corelat

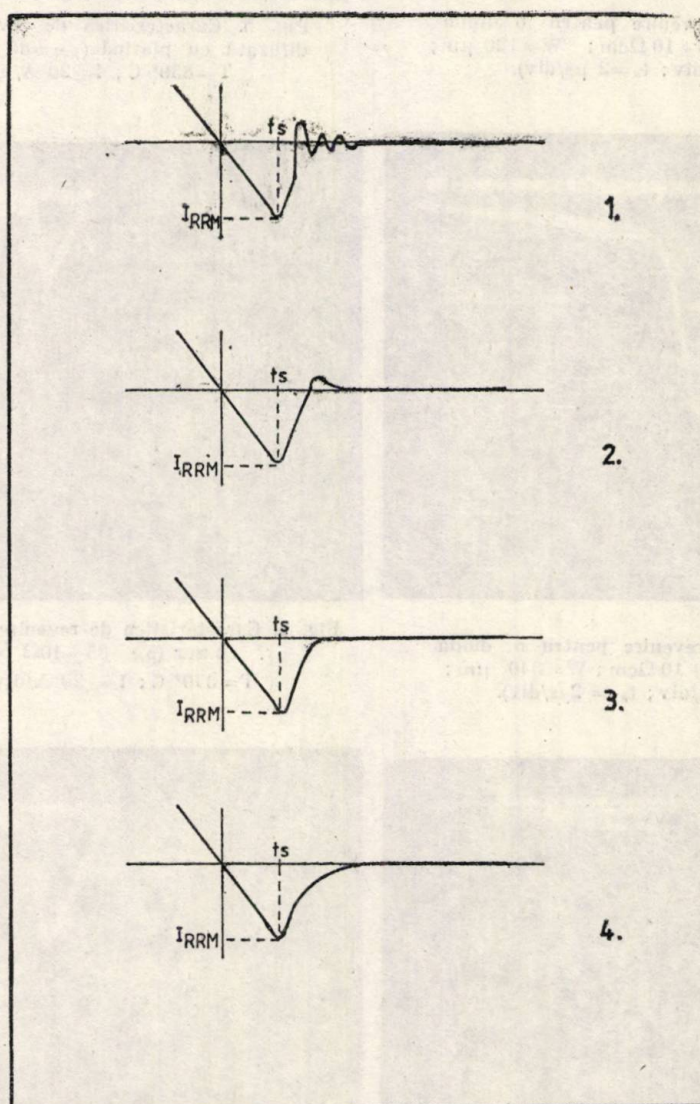


Fig. 1. Patru clase de caracteristici de revenire în blocare a curentului I_R (1 — nedorită; 2 — acceptabilă; 3 — dorită; 4 — „soft”).

* Întreprinderea de piese radio și semiconductori — Băneasa

** Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

cu supratensiunile tranzitorii generate în procesul de comutație, este curentul de revenire (I_{RRM}) care apare atunci când dioda trece din

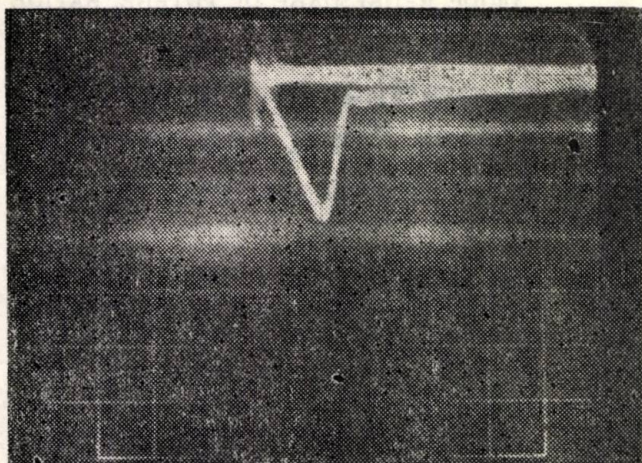


Fig. 2. Caracteristica de revenire pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 120 \mu\text{m}$; $T = 830^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{ A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

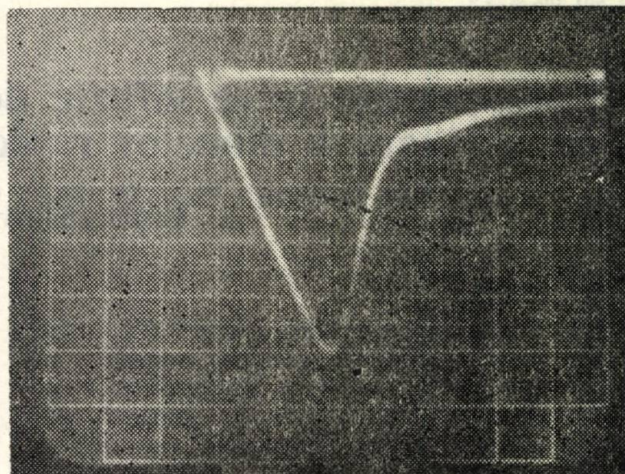


Fig. 5. Caracteristica de revenire pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 340 \mu\text{m}$; $T = 830^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{ A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

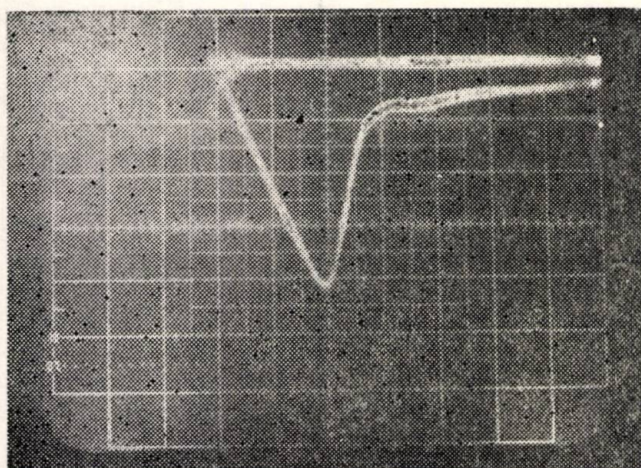


Fig. 3. Caracteristica de revenire pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 340 \mu\text{m}$; $T = 830^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{ A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

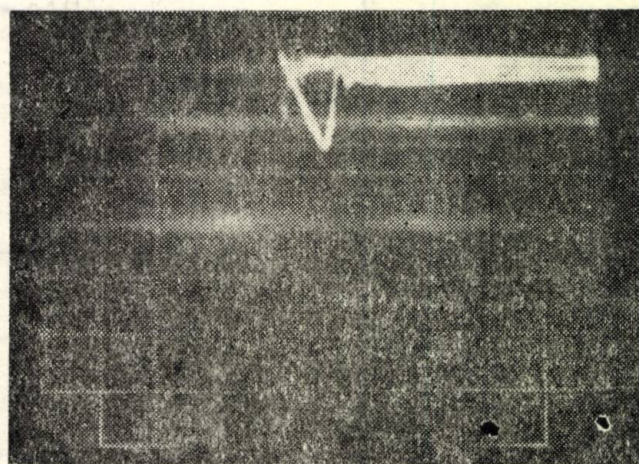


Fig. 6. Caracteristica de revenire, pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 260 \mu\text{m}$; $T = 870^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{ A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

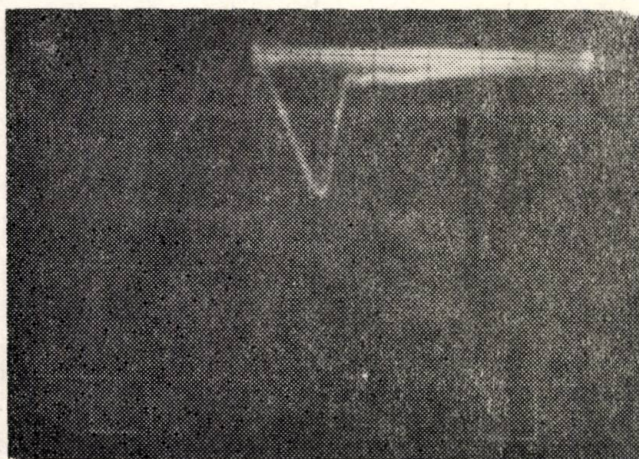


Fig. 4. Caracteristica de revenire pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 120 \mu\text{m}$; $T = 830^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{ A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

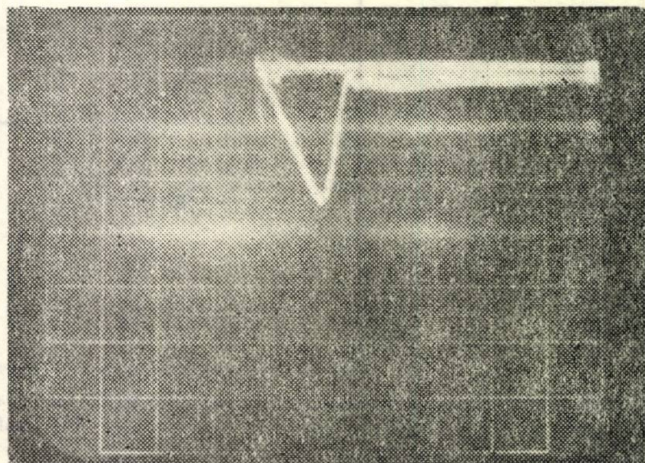


Fig. 7. Caracteristica de revenire pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 260 \mu\text{m}$; $T = 830^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{ A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

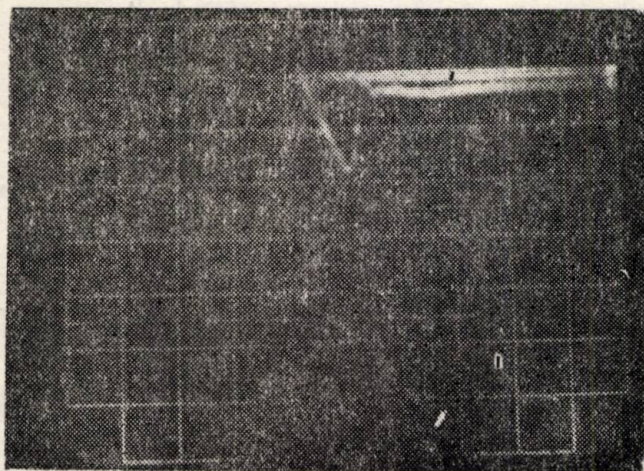


Fig. 8. Caracteristica de revenire pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 340 \mu\text{m}$; $T = 870^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

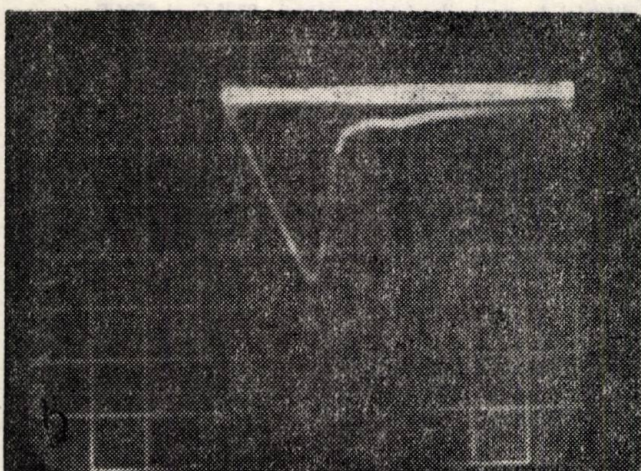


Fig. 9. Caracteristica de revenire pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 340 \mu\text{m}$; $T = 830^\circ \text{C}$; $I = 20 \text{A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

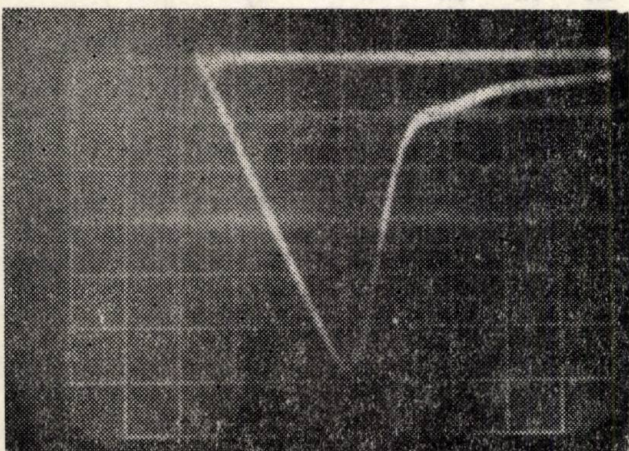


Fig. 10. Caracteristica de revenire pentru o diodă redresoare normală, de mare putere, tip D355 ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \text{cm}$; $W = 220 \mu\text{m}$; $I = 20 \text{A/div}$; $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

conducție în blocare. Acest curent, rezultat al timpului de viață efectiv al purtătorilor minoritari (τ), poate fi redus prin inducerea în cristalul de siliciu, a unor centri de recombinare auxiliari, care să „captureze” electronii și golurile în exces, înainte ca ei să se recombine în mod normal. Scăderea timpului de viață al purtătorilor, se poate realiza, fie prin difuzia de aur sau platină, fie prin iradierea cu neutroni rapizi sau electroni. În plus, pentru a reduce pierderile în comutație, trebuie „netezită” caracteristica de revenire în blocare a curentului I_R (fig. 1). În studiul efectuat s-a încercat obținerea cel puțin a clasei a 3-a (fig. 1) [1].

2. Rezultate experimentale

În condițiile realizării unei difuzii cu aur sau platină, aleasă din compromisul între, reducerea pierderilor în blocare și a celor în conducție, și obținerea unui timp de revenire suficient de mic ($t_s = 1,5 \div 3,8 \mu\text{s}$ pentru difuzia cu aur; $t_s = 3,1 \div 5,1 \mu\text{s}$ pentru difuzia cu platină) s-a constatat că grosimea bazei este determinantă pentru forma curentului invers. Lucrind cu siliciu de tip *N*, rezistivitate $85 \pm 10 \Omega \text{cm}$, se observă un efect favorabil asupra caracteristicii de revenire, odată cu creșterea grosimii bazei, în sensul dispariției oscilațiilor. Pentru exemplificare, s-au realizat diode cu grosimi ale bazei de $120 \mu\text{m}$ și $340 \mu\text{m}$ (diametru structură — 25 mm), rapidizate prin difuzie de aur la 830°C (fig. 2 și fig. 3), respectiv difuzie de platină la 830°C (fig. 4 și fig. 5).

Folosind tot siliciu de tip *N*, rezistivitate $85 \pm 10 \Omega \text{cm}$ și grosimi ale bazei mai mari de $220 \mu\text{m}$ (diametru structură — 25 mm), s-au efectuat teste privind influența temperaturii tratamentului de rapidizare asupra formei caracteristicilor de revenire în blocare. Tratamentele s-au efectuat la două temperaturi: 830°C și 870°C . S-a observat influența nefavorabilă a temperaturii mari (870°C) comparativ cu temperatura mică (830°C), atât pentru difuzia cu aur (fig. 6 și fig. 7) cât și pentru difuzia cu platină (fig. 8 și fig. 9). Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă redresoare normală, de mare putere, tip D355 este prezentată în figura 10. Datele de proiectare pentru acest dispozitiv sînt: siliciu tip *N*, rezistivitate $85 \pm 10 \Omega \text{cm}$, grosimea bazei — $220 \mu\text{m}$, diametru structură — 25 mm .

Principalele rezultate ale testelor comparative, între difuzia de aur și platină, concretizate în dependențele $t_s = t_s(w)$ și $I_{RRM} = I_{RRM}(w)$, sînt prezentate în figurile 11 și 12. Se remarcă independența valorilor timpului de stocare (t_s) și a curentului maxim de revenire în blocare (I_{RRM}) de grosimea bazei (w), la tem-

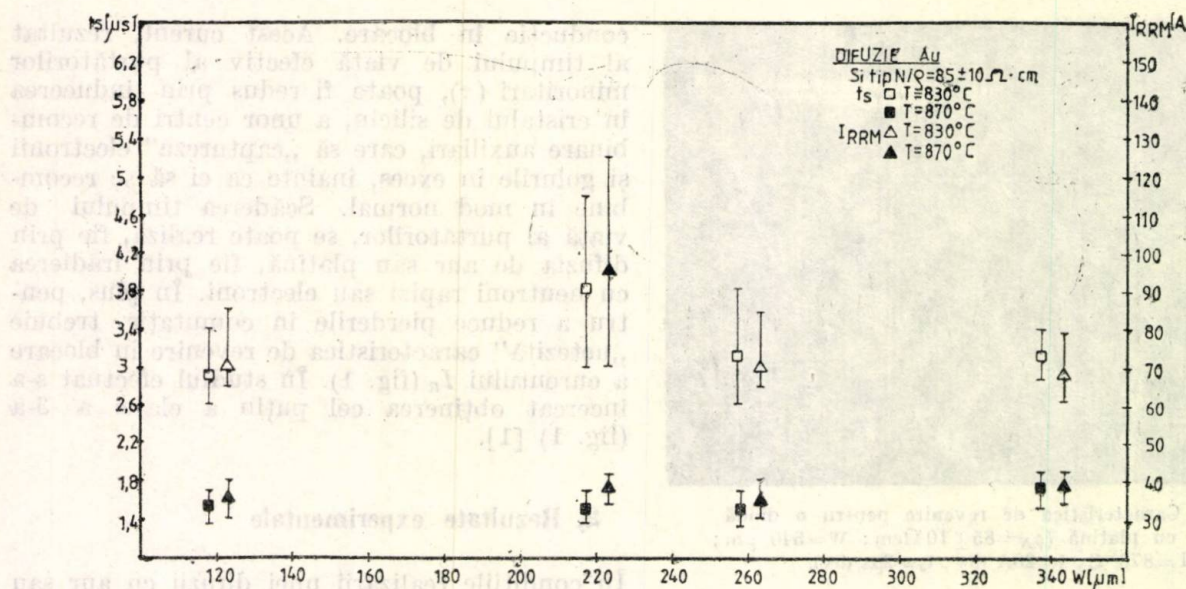


Fig. 11. Dependințele $t_s = t_s(W)$ și $I_{RRM} = I_{RRM}(W)$ în cazul difuziei de aur la două temperaturi: $830^\circ C$, și $870^\circ C$.

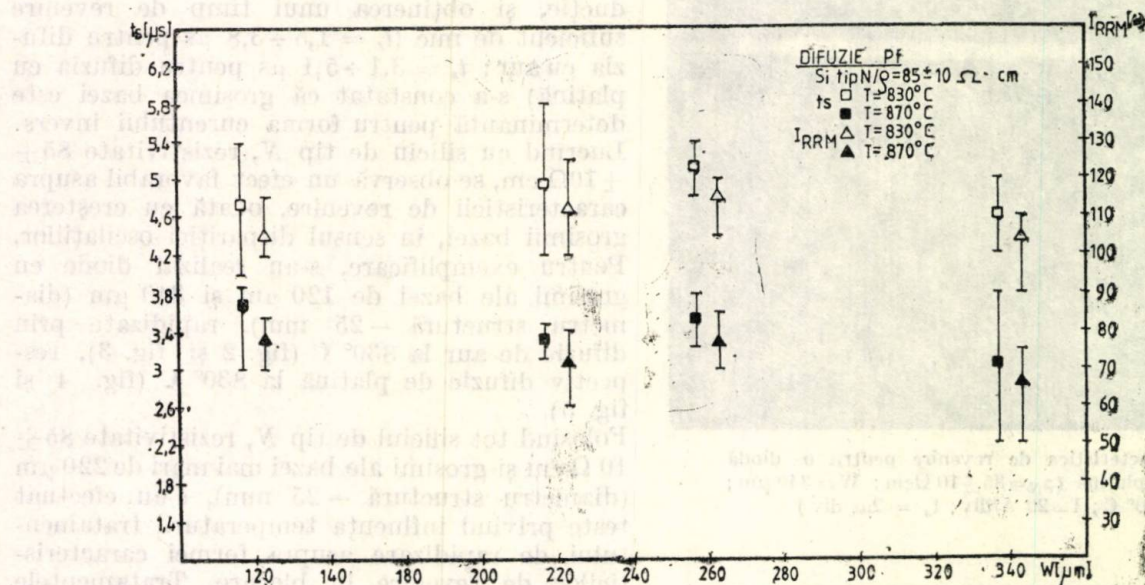


Fig. 12. Dependințele $t_s = t_s(W)$ și $I_{RRM} = I_{RRM}(W)$ în cazul difuziei cu platină la două temperaturi: $830^\circ C$, $870^\circ C$.

peratura mare a tratamentului de rapidizare ($870^\circ C$), atât pentru difuzia cu aur cât și pentru difuzia cu platină.

3. Concluzii

S-au realizat și caracterizat din punct de vedere al formei caracteristicii de revenire în blocare a diodelor rapide de putere, diode test, folosind siliciu monocristalin, (111), tip N, cu rezistivitate $85 \pm 10 \Omega \cdot cm$.

Investigațiile efectuate au arătat efectul favorabil al îngroșării bazei diodei (în limitele disipăției admise în conducție) asupra formei caracteristicii de revenire în blocare, ceea ce este în concordanță cu dezideratul obținerii unor tensiuni înalte de blocare.

În privința tehnologiei de reducere a timpului de viață a purtătorilor, caracteristicile de revenire în blocare de tip „soft”, au fost obținute prin difuzie de aur sau platină, la temperaturi de difuzie mici ($T = 830^\circ C$). De remarcat este independența valorilor pentru t_s și I_{RRM} cu grosimea bazei W , pentru ambele metode de rapidizare studiate, la temperaturi mari ale tratamentului termic ($870^\circ C$).

Bibliografie

- [1] Assalit, H. B., Erikson, L. O. Wu, S. J. — Proceedings of IAS 79 Conference, p. 1056.
- [2] Vitins, J., Bruyne, P. De, Taube, M. — Proceedings of IAS 79 Conference, p. 1062.
- [3] Baliga, B. J., Sun, E. — I.E.E.E., vol ED-24, nr. 6, Iunie 1977, p. 685.
- [4] Brotherton, S. D., Bradley P. — Solid-State Electronics, vol 25, Nr. 2, 1982, p. 119.

CZ 538.5 :621.793

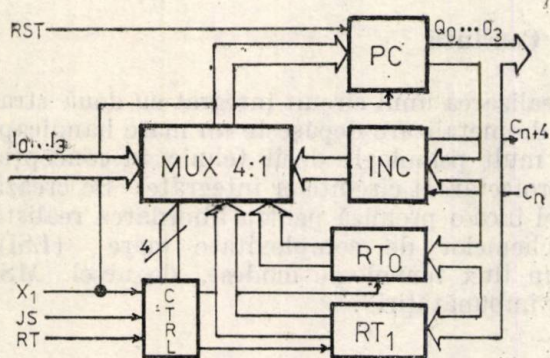
CIRCUIT INTEGRAT
STAT DE METALIZARE
TESTAREA ELECTRICĂ A CÎMPURILOR**BP 14104—un circuit integrat cu două straturi de metalizare**

RADU RÂPEANU*, ALEXANDRU PĂUNESCU*, MONICA PĂUNESCU* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Lucrarea de față prezintă o premieră tehnologică națională: realizarea în producție de serie a unui circuit integrat cu două straturi de metalizare: **BP 14104**, numărător de program de 4 biți, expandabil.

Acest circuit face parte din seria 14000 de circuite integrate, pilotată de procesorul de 1 bit **BP 14500** și avînd aplicații în controlul automat al proceselor industriale. El este proiectat pe aria de porți logice **BP 1000** și nu are un echivalent direct, fiind „gîndit” pentru o cit mai bună compatibilitate funcțională cu **BP 14500**.



1. Arhitectura circuitului BP 14104.

Blocul **PC** (vezi fig. 1), format din 4 bistabili tip *D* se încarcă pe fiecare front crescător al tactului X_1 cu un cuvînt de 4 biți selectat de multiplexorul **MUX**. Selectarea se face cu ajutorul intrărilor de control: *JS*, *RT*, care stabilește funcția circuitului:

1. Numărător binar de 4 biți cu transport C_n , C_{n+4} ; numărarea se realizează cu ajutorul unui bloc de incrementare (**INC**), fiind condiționată de intrarea C_n de transport.

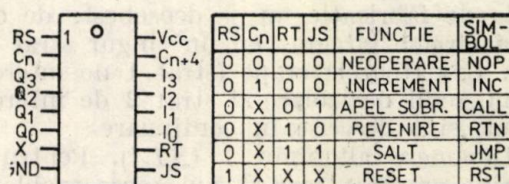
2. Salt la subrutină; blocul **PC** se încarcă cu un cuvînt (adresă) aplicat la intrările $I_0 \dots I_3$, în timp ce starea anterioară a acestuia este memorată într-unul din registrele RT_0 , RT_1 . Aceste două registre permit executarea a două salturi la subrutină consecutive, ceea ce corespunde tehnicii cuiburilor de subrutine pe două nivele. Ele reprezintă o „stivă” de adrese, selectată cu ajutorul unui indicator de stivă

(Stack Pointer) de 1 bit, aflat în blocul de control (**CTRL**).

3. Revenire din subrutină; blocul **PC** se încarcă cu adresa conținută în unul din registrele RT_0 , RT_1 , mai precis, cu adresa omoloagă ultimului apel de subrutină.

4. Salt simplu; în blocul **PC** se încarcă adresa aplicată la intrările $I_0 \dots I_3$; registrele RT_0 , RT_1 și indicatorul de stivă din blocul de control rămîn nemodificate.

În figura 2 se dă configurația terminalelor circuitului integrat **BP 14104**, alături de tabelul funcțional (simbolul „X” semnifică stare oarecare: 0 sau 1 logic).



2. BP 14104. Configurația terminalelor și tabelul funcțional

2. Organizarea topografică

Proiectarea măștilor de interconexiuni pe două straturi de metalizare s-a făcut cu următorul algoritm:

1. Primul strat realizează interconectarea de porți logice la nivel de blocuri funcționale: **PC**, **INC**, RT_0 etc. precum și configurarea interfețelor de intrare/ieșire.

2. Al doilea strat realizează interconectarea blocurilor funcționale:

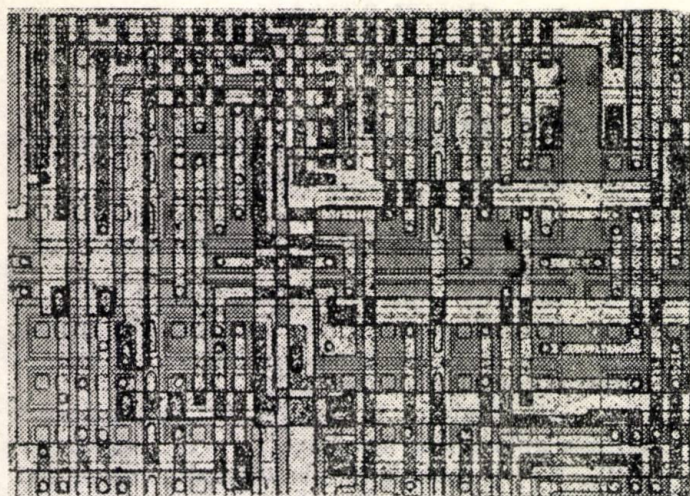
= de la registrul **PC** la **INC**, RT_0 și RT_1 ;

= de la multiplexor (**MUX**) la celelalte registre.

Această organizare topologică aduce, pe lângă facilitățile de desen și urmărire a schemei electrice, un mare avantaj de testare: se poate executa testarea pe plachetă după [primul strat de metalizare. La acest nivel se testează circa 25% din porțile I^2L precum și interfețele de intrare/ieșire. Analiza randamentelor de plachetă pe primele 3 loturi arată că între 65% și 90% din circuitele admise la testul „METAL 1” sînt admise și la testarea finală completă, cu două straturi de metal.

Figura 3 prezintă un detaliu fotografic (circa 40 de porți I^2L) al structurii **BP 14104**

*Intreprinderea de Piese Radio și Semiconductori—Băneasa.



3. Detaliu fotografic (circa 40 porți I²L) al structurii BP 14104.

3. Rețeta tehnologică

Pină la etapa „depunere aluminiu”, tehnologia de fabricație nu se deosebește de cea a unui circuit integrat cu un singur strat de metal. Următoarele etape (strat 1 de interconexiuni, oxid de izolare și strat 2 de interconexiuni) sunt descrise în continuare:

1. Depunere aluminiu 1 (A1.1). Pentru a se obține un strat care să nu creeze probleme de izolație față de nivelul A1.2 sau un relief care să rupă traseele de A1.2 depunerea A1.1 trebuie făcută:

= cu viteză mare (circa 10000 A/minut);

= „la rece” (25° C) și cu grosime redusă (8 000 Å);

2. Gravură A1.1 (flux normal);

3. Sinterizare A1.1 (flux normal);

4. Testare electrică (incompletă);

5. Depunere oxid pirolitic (1000 Å nedopat, 8 000 Å dopat cu 4% fosfor, 1 000 Å nedopat);

6. Gravură VIA (oxid pirolitic). Flux normal cu testarea electrică a atacului ferestrelor de contact;

7. Curățirea chimică a contactelor VIA;

8. Depunere A1.2. Depunerea se face prin procedeu de tip „SPUTTERING”, la $T_A = 200^\circ \text{C}$ și grosime 17 000 Å

9. Gravură A1.2. Înainte de atac este obligatorie o etuvare puternică ($T_A = 250^\circ \text{C}$, timp de oră) pentru o bună aderență a foto-rezistului;

10. Sinterizare finală.

Lipsa de aderență a fotorezistului la gravura de A1.2 duce la tăierea metalului în dreptul escaladării treptelor definite de A1.1

4. Concluzii

Realizarea unui circuit integrat cu două straturi de metalizare depășește un mare handicap, mai mult psihologic decât tehnic, în concepția de proiectare a circuitelor integrate. Se crează astfel încă o premiză pentru abordarea realistă a schemelor de complexitate mare (LSI), pe un flux tehnologic modest, de nivel MSI „cu îmbunătățiri”.

CZ 621.316.9 : 621.314.6

DISPOZITIV SEMICONDUCTOR
CAPSULĂ METAL-PLASTIC
TERMOGRAFIE ÎN INFRAROȘU

Optimizarea performanțelor de putere disipată la dispozitive redresoare încapsulate în plastic

ANCA NICHITA*, AUGUSTIN STAN*, EUGEN POPA* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Pentru dispozitive semiconductoare de putere medie (5...25W) se folosesc capsule metal-plastic la care elementele interne de conectare sunt înglobate în rășină de mularie. Mecanismele de evacuare a căldurii generate în structură și conexiunile interne sunt multiple și dificil de modelat. Lucrarea propune un model simplificat pentru descrierea limitărilor datorate disipării de putere în conexiuni, validat de măsurători în infraroșu.

Rezultatele permit maximizarea curentului eficace pentru dispozitive redresoare în capsulă 1020 și sunt aplicabile direct în proiectarea unor capsule din aceeași categorie.

2. Model teoretic

Puterea generată în conexiunea (fig. 1) parcursă de curentul eficace I_{ef} este:

$$P_D = R_e I_{ef}^2. \quad (1)$$

Admițind că evacuarea căldurii se face exclusiv prin conducție în conexiune, supracreșterea de temperatură pe conexiunea înglobată

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa

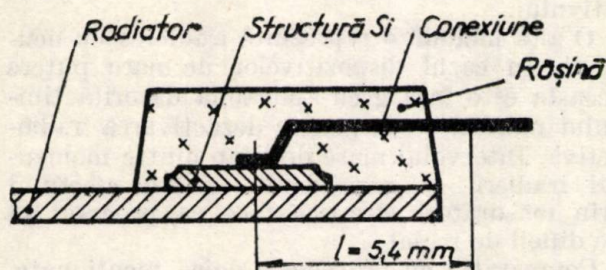
bata în rășină este :

$$T = R_t P_D = \frac{\rho}{K} \left(\frac{1}{S} \right)^2 I_{ef}^2 \quad (2)$$

unde :

$R_e = \rho \left(\frac{1}{S} \right)$ este rezistența electrică, iar

$R_t = \frac{1}{K} \left(\frac{1}{S} \right)$ este rezistența termică a conexiunii.



Varianta	Material	K [W/m°C]	ρ [Ωm]	S [mm²]	T [°C]
1	CuP (0,03)	320	$2 \cdot 10^{-8}$	0,5	0,7
2	CuZn 37	121	$6,5 \cdot 10^{-8}$	0,4	9,8

Fig. 1. Variantele analizate pentru capsula T0220.

În figura 1. sint prezentate valorile ΔT pentru varianta actuală (2) și varianta îmbunătățită (1) la $I_{ef} = 10$ A. Deoarece : $K \cong \text{cst}$ pentru metale, supracreșterea de temperatură variază proporțional cu pătratul rezistivității.

Pentru $I_{ef} = 15$ A (curentul maxim la care se folosește capsula T0220) supracreșterea de temperatură crește de 2,25 ori.

Ca urmare a supraîncălzirii contactului conexiune-structură la nivelul joncțiunii apar un maxim de temperatură care duce la aglomerarea curentului și la întreruperea lipiturii printr-un mecanism cu reacție pozitivă. Fenomenul limitează curentul eficient al dispozitivelor redresoare.

3 Rezultate experimentale

Prin spectrometrie în infraroșu pe un sistem AGA Termovision 710, s-a determinat temperatura maximă (T_M) la suprafața rășinii pentru diode montate pe radiator de aluminiu $8,5 \times 8,5$ cm² și încărcate electric cu curent continuu 10 A, la $T_A = 30^\circ$ C. Poziția maximului corespunde contactului conexiune-structură.

Tabelul 1

VARIANTA	T_M	T_J	$T_M - T_J$
1	131° C	136° C	-5° C
2	143° C	134° C	+9° C

În același regim de funcționare s-a măsurat temperatura medie a joncțiunii (T_J) folosind ca senzor de temperatură tensiunea în conducție la 10 mA.

Valorile obținute sint prezente în tabelul 1. Este cu totul anormală existența unui maxim de temperatură, care depășește T_J , pe suprafața rășinii la varianta actuală (2). Determinările experimentale justifică neglijarea evacuării de căldură prin conducție spre rășina de încapsulare și validează toate concluziile modelului teoretic.

Utilizând distribuțiile de temperatură pe suprafața rășinii determinate prin investigare în infraroșu (fig. 2) s-au comparat rășini de încapsulare cu conductivități termice în raportul 3:1. Această variabilă nu influențează fenomenul analizat.

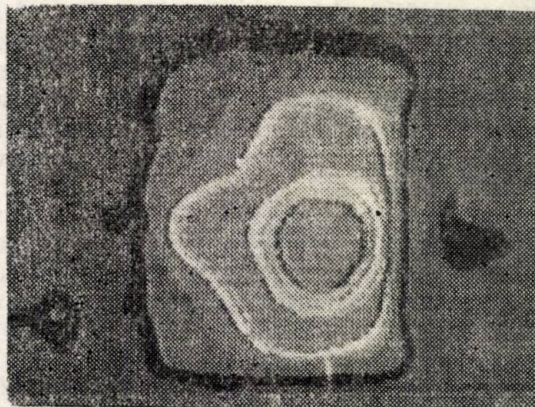


Fig. 2. Distribuția de temperatură pe suprafața rășinii de încapsulare.

4 Concluzii

Determinările de temperatură în infraroșu sint un auxiliar prețios în caracterizarea regimului termic pentru dispozitive redresoare în capsulă metal plastic.

Rezultatele prezentate în lucrare explică limitarea curentului eficient la 10A pentru grila T0220 varianta actuală. Utilizarea unui material cu conductivitate mai mare pentru realizarea conexiunilor (ex. CuP) și modificarea geometriei acestora sint condiții necesare pentru creșterea limitei de curent eficient la 15 A.

CZ 535.352 :537.22 :621.382.23

TIRISTOARE DE MARE PUTERE
IRADIARE
ELECTRONI DE ENERGIE ÎNALTĂ

Creșterea performanțelor tiristoarelor de mare putere prin iradierea cu electroni de energie înaltă

VIOREL BANU* — BUCUREȘTI

1. Introducere

Progresele înregistrate în domeniul electronicii de putere impun realizarea unor tiristoare performante în proporție de masă. Sortarea acelor dispozitive cu performanțe de vîrf din producția curentă se dovedește a fi insuficientă în fața cererii crescînde de astfel de dispozitive. De aceea se impune căutarea unor noi tehnici care în condițiile date să asigure deplasarea maximului distribuției tehnologice a parametrilor dispozitivelor către valorile de vîrf. În aceste condiții, fabricantul este pus în fața unor dificultăți greu de surmontat, date fiind tendințele adesea contradictorii ale parametrilor electrici ai dispozitivelor: curenți mari de conducție, tensiuni înalte de blocare, timpi reduși de comutare, viteze mari de creștere a tensiunii de blocare statică și dinamică, etc. Optimizarea unui parametru al dispozitivului implică adesea sacrificarea altor performanțe. Ieșirea din acest impas nu se poate face decît recurînd la procedee de avangardă, adaptate, desigur, producției de dispozitive semiconductoare.

Lucrarea prezintă succint o modalitate originală, elegantă și eficientă prin care se pot îmbunătăți o serie de parametri ai tiristoarelor de mare putere: a) scăderea timpului de dezamorsare (t_q) în condițiile în care viteza de creștere a tensiunii reaplicate și tensiunea de blocare sînt maxime; b) creșterea tensiunii de blocare; c) mărirea vitezei critice de creștere a tensiunii de blocare (dv/dt). Procedeu folosit pentru realizarea acestor deziderate îl reprezintă iradierea cu electroni de energie înaltă efectuată în condiții adecvate scopului urmărit,

2. Analiza procedeeleor de rapidizare cunoscute

Dintre procedeele de rapidizare, larg utilizată, este difuzia de aur. Rezultatele obținute prin acest procedeu sînt însă greu controlabile. Aurul difuzează atît substituțional cît și interstițial. Numai atomii de aur încorporați substituțional în rețeaua cristalină acționează practic ca centri de recombinare. Atomii plasați interstițial contribuie doar la creșterea puternică a curenților reziduali, efect firește nedorit. În plus, aceștia au tendința de a preci-

pita în zonele cu dizlocații și de a forma compuși cu impuritățile dopante, putînd degrada catastrofal capabilitatea de blocare a dispozitivului.

O altă metodă o reprezintă iradierea cu neutroni. În cazul dispozitivelor de mare putere aceasta este însă greu aplicabilă datorită timpului mare necesar pentru dezactivarea radioactivă. Intervalul mare de timp dintre momentul iradierii și momentul sesizării efectului prin măsurători electrice face ca procesul să fie dificil de reglat.

Comparativ cu procedeele deja menționate, iradierea cu electroni prezintă o serie de avantaje: a) procesul este de scurtă durată; b) iradierea se face pe dispozitive finite, caracterizabile electric, procesul fiind astfel ușor de reglat; c) nu necesită timp de dezactivare radioactivă; d) asigură menținerea curenților reziduali la un nivel scăzut; e) procesul poate fi realizat pe instalații ce pot fi achiziționate de întreprindere; f) asigură un înalt grad de reproductibilitate pe loturi de fabricație. Iradierea cu electroni prezintă, însă, dezavantajul major al unei creșteri accentuate a pierderilor de conducție (V_{TM}). Acest neajuns poate fi parțial înlăturat prin tratamente termice de lungă durată, care conduc la scăderea V_{TM} dar și la creșterea timpului de dezamorsare (t_q).

3. Descrierea procedurii de rapidizare folosit Rezultate experimentale

Procedeu prezentat în continuare elimină dezavantajul major al iradierii cu electroni clasice, păstrîndu-i nealterate avantajele. Mai mult chiar, permite o flexibilitate imposibil de atins prin celelalte procedee. Cheia acestui procedeu o reprezintă introducerea a două artificii simple, dar foarte eficiente.

a) Iradierea se face la cald, la o temperatură de 250°—300° C, folosind o simplă plită termostată.

b) Iradierea se face selectiv, cu ajutorul unor măști din oțel cu conținut redus de carbon.

Prin iradierea la cald se urmărește obținerea unei căderi de tensiune în conducție (V_{TM}) cu circa 200 mV mai mică decît în cazul iradierii clasice, evitînd astfel tratamente termice îndelungate.

Iradierea prin mască este rezultatul analizei proceselor care au loc în dispozitiv la comutarea

* Întrîndirea de Piese Radio și Semiconductori
— Băneasa

din conducție în blocare. Se urmărește obținerea unor timpi mici de comutare în condițiile unei tensiuni înalte de blocare și a unei rate mari de creștere a tensiunii reaplicate $dv/dt = 400 \text{ V}/\mu\text{s}$. În momentul reaplicării tensiunii de blocare directe cu o rată dv/dt , prin dispozitiv, peste curentul de recombinare directă i_r , se suprapune curentul de deplasare $i_d = C \frac{dv}{dt}$, unde C reprezintă capacitatea joncțiunii. Dacă suma acestor doi curenți este suficient de mare, tiristorul poate fi amorsat în timpul comutării (se realizează condiția $\alpha_{pnp} + \alpha_{npn} = 1$). Zona cea mai critică o constituie zona porții. Aici curentul $i = i_r + i_d$ este adunat de pe o arie mare și parcurge cea mai mare distanță prin stratul P_1 pînă la primul șir de șunturi de emitor, putînd polariza direct joncțiunea N_1P_1 pînă la deschidere (fig. 1). Din analiza prezentată rezultă necesitatea unei desensibilizări

mai accentuate a tranzistorului $N_1P_1N_2$ în zona porții, prin reducerea drastică a factorului de transport în bază, $\alpha_T = 1/\cosh(W_B/L_n)$, unde W reprezintă grosimea bazei tranzistorului, iar L_n lungimea de difuzie a electronilor în baza p. Desensibilizarea se face prin iradierea mai puternică a zonei de poartă cu ajutorul unei măști metalice (fig. 2.). Ulterior, tiristorul

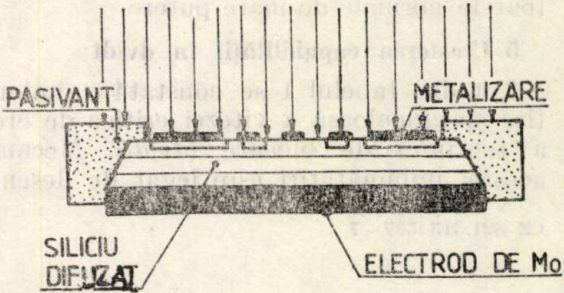


Fig. 3. Iradiere (secundară) neselectivă.

este iradiat neselectiv pe întreaga suprafață cu o doză mai redusă (fig. 3). Se asigură astfel timpi de comutare reduși, în condițiile menținerii unor valori relativ scăzute ale V_{TM} . Rezultatele obținute sînt sintetizate în tabelul 1, pentru tiristorul rapid de 600 A, T600 F.

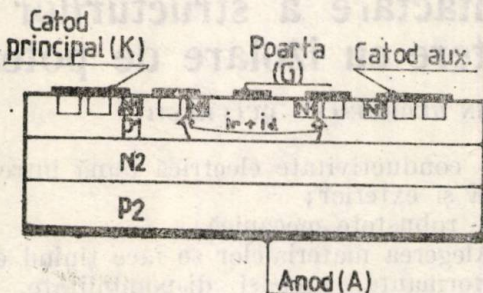


Fig. 1. Secțiune prin structură de tiristor.

4. Îmbunătățirea capabilității de blocare

Din tabelul 1 se observă că față de valorile inițiale, în urma iradierii se obțin tensiuni de blocare (la un curent dat) sensibil mai mari. Din teoria tranzistorului de înaltă tensiune se cunoaște că $BV_{CEO}/BV_{CBO} \approx (1 - \alpha)^{1/7}$. Întrucît tensiunea de străpungere a tiristorului cu șunturi de emitor este egală cu tensiunea BV_{CEO} a tranzistorului PNP rezultă că anularea factorului de amplificare α al acestui tranzistor conduce la creșterea tensiunii de blocare a tiristorului. În practică acest lucru se face numai în zona periferică profilată mesa, unde are loc de fapt străpungerea în tensiune, prin iradierea puternică a acestei zone cu ajutorul unei măști metalice adecvate.

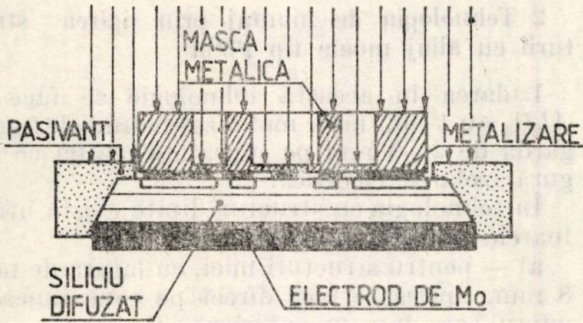


Fig.2. Principiu de iradiere (primară) selectivă cu mască metalică.

TABELUL 1

Nr. crt.	$V_{RRM}, V_{DRM} \text{ (V)}$		$dv/dt \text{ (V}/\mu\text{s)}$		$V_{TM} \text{ (V)}$		$t_q \text{ (}\mu\text{s)}$	
	INIȚIAL	FINAL	INIȚIAL	FINAL	INIȚIAL	FINAL	INIȚIAL	FINAL
1.	1400	1600	400	1000	1,1	1,71	400	20
2.	1250	1500	400	1000	1,11	1,73	400	20
3.	1500	1650	1000	1000	1,14	1,69	400	27
4.	1500	1600	400	1000	1,13	1,69	400	23
5.	1500	1700	400	1000	1,17	1,68	400	19

Pe de altă parte, calitatea pasivării se îmbunătățește prin reacția suplimentară de polimerizare care are loc la interfața Si-rășină silicică de pasivare sub influența radiației ionizante. Efectul acestei îmbunătățiri se reflectă în curenți reziduali de suprafață mai reduși în zona pasivată. Prin folosirea unor măști care să ecraneze complet suprafața de conducție, se pot obține prin iradiere creșteri importante ale tensiunii de blocare și la tiristoarele normale de mare putere.

5 Creșterea capabilității în dv/dt

Tot din tabelul 1 se constată o îmbunătățire spectaculoasă a vitezei critice de creștere a tensiunii de blocare (dv/dt). Mecanismul acestei îmbunătățiri este legat de desensibili-

zarea la amorsare, discutată în capitolul 3. Deși metoda a fost utilizată la tiristoarele rapide, poate fi folosită și la repararea unor tiristoare normale cu probleme ale parametrului dv/dt . Repararea se face iradiind prin mască exclusiv zona de poartă, evident în condițiile menținerii curentului de amorsare pe poartă în limitele admise.

6 Concluzii

Lucrarea demonstrează implicațiile folosirii judicioase a tehnologiilor de vîrf, între care se numără și tehnicile nucleare, la îmbunătățirea performanțelor dispozitivelor semiconductoare. Rezultatele pot fi rezumate în trei cuvinte: simplitate, calitate, eficiență.

CZ 621.315 :537-7

TEHNOLOGII DE CONTACTARE
STRUCTURI SEMICONDUCTOARE
IZOLARE DE POTENȚIAL

Analiza tehnologiilor de contactare a structurilor semiconductoare în module de putere cu izolare de potențial

MILAN PELEANU*, DUMITRU SDRULLA*, ȘORIN GEORGESCU*—BUCUREȘTI

1 Introducere

Analiza tehnologiilor de contactare a structurilor de dispozitive semiconductoare de putere (în module cu izolare de potențial este făcută pe baza experienței proprii, literaturii de specialitate și analizei unor mostre.

În lucrare sînt prezentate tehnologiile de contactare:

— prin lipire cu aliaj moale (tip $PbSn$), problemele tehnologice pe care le ridică, avantajele și dezavantajele acestei tehnologii de montaj;

— prin presiune, cu arcuiri, dielectrici utilizați, cerințele impuse acestora și semifabricatelor ce concurează la realizarea dispozitivelor în această tehnologie.

Fabricația dispozitivelor semiconductoare de putere cunoaște o evoluție rapidă. Alături de capsulele vechi (clasice), de regulă cu contacte prin presiune, au apărut capsule noi, aproape nestandardizate, unde fiecare producător prezintă capsula cu desenul alăturat. Există totuși o aliniere în privința cotelor de gabarit la modulele mici K 20; K 25 (unde cifrele reprezintă lățimea bazei în mm), pentru gabarite mai mari apărînd cote deferite ale lățimii bazei pentru aceleași puteri ale modulului. Cerințele generale impuse modulelor, indiferent de sistemul de contactare sînt:

- izolare față de placa de bază (radiator);
- contact termic bun (pentru R_{thj-c} minim;

— conductivitate electrică bună între structură și exterior;

— robustețe mecanică.

Alegerea materialelor se face ținînd cont de performanțe, preț și disponibilitate, fiecare producător căutînd să obțină un optim în funcție de tehnologia pe care o posedă.

2 Tehnologia de montaj prin lipirea structurilor cu aliaj moale tip $PbSn$

Izolarea în această tehnologie se face cu $Al_2O_3 \neq 0,4 \div 0,7$ mm, metalizat pe ambele fețe cu gardă de 2—3 mm pe suprafață, gardă ce asigură izolarea electrică.

În tehnologia cu structuri lipite există următoarele variante:

a) — pentru structuri mici, cu latura de max. 8 mm, lipirea se face direct pe conexiunea de cupru care iese în exterior;

b) — lipirea structurii pe o plăcuță de Mo subțire de $0,5 \div 1$ mm cu aliaj moale $PbSn$ de temperatură mai ridicată ($300^\circ C$) care se lipește la rîndul ei pe un radiator intern tot cu $PbSn$ de temperatură mai coborîtă ($180^\circ C$);

c) — varianta cea mai modernă în cazul structurilor lipite este aceea în care dielectricul ceramic este placat pe ambele fețe cu folie de cupru. Pe una din fețe se lipește cu $PbSn$ plăcuța de Mo pe care s-a lipit în prealabil structura, iar cealaltă față placată face contact cu radiatorul extern.

Analiza variantelor a) și b) s-a făcut pe mostre, iar pentru c) s-a folosit [1].

Varianta a) este prezentată în figura 1, specifică structurilor de dimensiuni mici mon-

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa

tate în paralel pentru obținerea unor curenți sub 40 A, specifică modulelor cu tranzistoare. Contactarea *E* și *B* se face cu fire din aluminiu

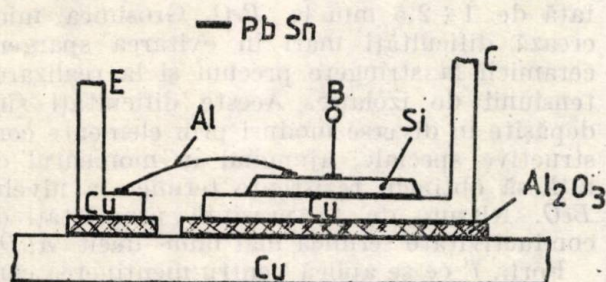


Fig. 1. Lipirea structurii direct pe conexiunea din cupru.

lipite prin termocompresiune. Tehnologia nu prezintă un interes deosebit deoarece este cunoscută comportarea slabă a aliajului la oboseală termică. Un interes mai mare prezintă tehnologia arătată în figura 2. Cu această configurație s-au fabricat module cu tranzistoare de 300 A. Acest curent s-a obținut prin montarea a 6 structuri de tranzistor cu latura de 18 mm montate în paralel pe același radiator intern montate cu diode în antiparalel pe tranzistoare. Lipirea structurilor pe *Mo* s-a făcut cu aliaj moale *PbSn* (LP5) de temperatură ridicată (aproximativ 300°C) iar lipirea acestui subansamblu pe radiatorul intern s-a făcut cu aliaj *PbSn* (LP60) de temperatură mai coborâtă (180°C). Dezlipind aceste subansamble se constată că lipirea *Mo* pe radiatorul intern arată astfel:

- a) — două lipiri perfecte, umectarea *Mo* 100%,
- b) — o lipire cu umectarea *Mo* aproximativ 85%,
- c) — o lipire cu umectarea *Mo* aproximativ 40%,
- d) — o lipire cu umectarea *Mo* aproximativ 35%,
- e) — o lipire cu umectarea *Mo* aproximativ 25%.

Distrugerea modulului s-a produs pe structura (e) a cărei lipire pe radiatorul intern a fost foarte slabă. Sistemul cu lipirea mai multor structuri în paralel nu permite o măsurare de I_{SB} pentru fiecare structură și depistarea lipirilor slabe.

La acest modul de 300 A conectarea emitoarelor tranzistoarelor, bazelor precum și diodelor în antiparalel s-a făcut cu fire de *Al* cu $\varnothing = 250 \mu$, sudate cu ultrasunete. Pentru acest modul s-au folosit 192 fire din *Al*, deci 384 suduri cu ultrasunete față de 84÷124 suduri cât are un C.I. complex.

Problemele tehnologice pe care le ridică acest sistem de montaj sînt: tehnologia de placare a *Mo* pentru lipirea cu aliaj moale, plăcuțe ceramice metalizate de dimensiuni

mari (60×50 mm) cu planeitate sub 20 μ , realizarea unor lipiri bune pe arii mari, mașini de sudură cu ultrasunete automate pentru

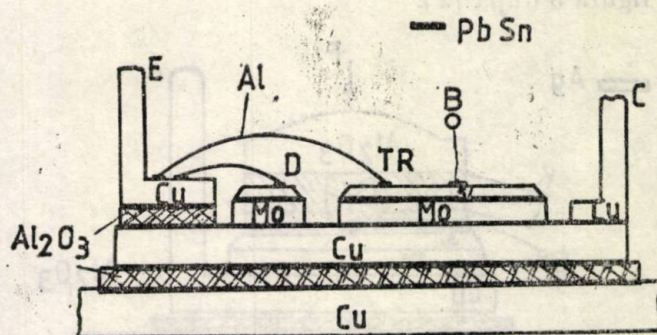


Fig. 2. Lipirea structurii pe *Mo* și acesta pe radiatorul cupru.

sudura în planuri diferite. Tehnologia de montaj prezentată în figura 3 este cea mai nouă și beneficiază de placarea Al_2O_3 cu folie de *Cu* de 300÷500 μ .

Pe o față a izolatorului din Al_2O_3 este lipit subansamblul structură-molibden cu aliaj moale *PbSn*, iar cealaltă față face contact cu radiatorul extern. În acest caz distanța joncțiune-capsulă scade și implicit scade rezistența termică. Această tehnologie a permis lipirea unor structuri de dimensiuni mari ($\varnothing 30$), ducînd tehnologia cu structuri lipite (nu paralel) pînă la 250 A pentru module diodă-diodă cu rezistența termică sub 0,14 K/W pe un braț. Din datele prezentate în [1] rezultă că acest sistem prezintă R_{thj-c} , precum și rezistența la oboseală termică mai bune decît a modulelor cu structuri presate.

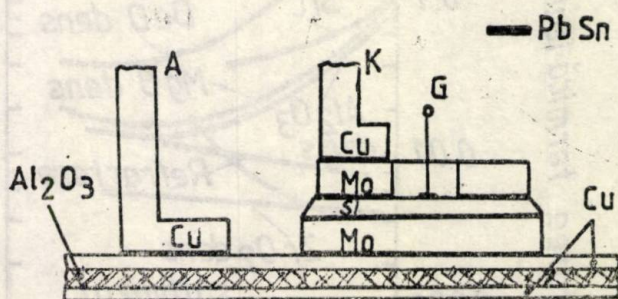


Fig. 3. Lipirea structurii între două discuri de *Mo*. Lipirea *Mo* se face direct pe plăcuța ceramică placată.

3. Tehnologia de montaj a structurilor semiconductoră cu contacte presate

Tehnologia de montaj a structurilor semiconductoră cu contacte presate este de forma prezentată în figura 4. Lipirea structurii de *Si* pe *Mo* se face cu preformă de *AlSi* la temperatură ridicată (750°C). Izolarea față de placa de bază din cupru se poate face cu: oxid de beriliu (*BeO*) oxid de aluminiu (Al_2O_3);

nitrură de aluminiu (AlN — denumire comercială).

Curbele care arată conductivitatea termică a unor materiale ceramice sint prezentate în figura 5 după [2].

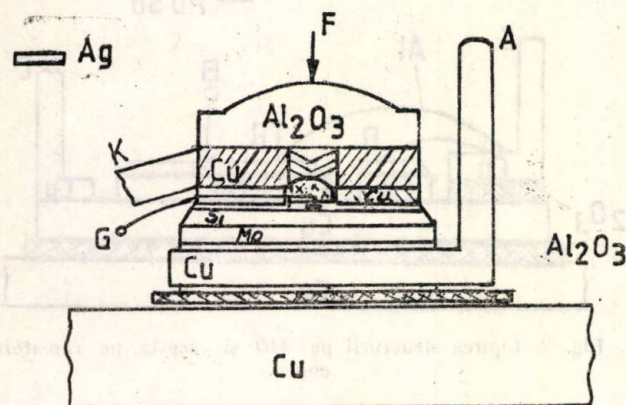


Fig. 4. Sistemul de contactare prin presiune a structurilor.

Oxidul de beriliu ale cărui proprietăți termice sint dintre cele mai bune este utilizat cel mai mult de marile firme care acoperă prețul ridicat al acestuia. Utilizarea Al_2O_3 ca dielectric și bun conductor termic în modulele cu contacte prin presiune este impusă de lipsa unui material „exotic” cum este BeO . Pentru a obține aceleași performanțe termice și electrice, folosind Al_2O_3 se impune un control riguros asu-

pra concentrației în Al_2O_3 în plăcuța ceramică precum și a grosimii, planeității și rugozității suprafețelor. Astfel se ajunge ca grosimea ceramicii din Al_2O_3 să fie de $0,4 \div 0,6$ mm față de $1 \div 2,5$ mm la BeO . Grosimea mică crează dificultăți mari în evitarea spargerii ceramicii la strângere precum și la realizarea tensiunii de izolație. Aceste dificultăți sint depășite în diverse moduri prin elemente constructive speciale, ajungând în momentul de față să obținem rezistențe termice la nivelul BeO . Nitrura de Al prezintă proprietăți de conductivitate termică mai bune decât Al_2O_3 .

Forța F ce se aplică pentru menținerea contactului se realizează cu arcuri lamelare sau disc (forța de strângere este limitată de proprietățile mecanice ale ceramicii din Al_2O_3) ce se mențin tensionate cu ajutorul șuruburilor ce se prind în baza de cupru. Pentru a evita curbarea bazei și pentru a asigura filet suficient pentru șurub, grosimea bazei la aceste module este dublă față de cea a modulelor cu structuri contactate prin lipire. În cazul acestor construcții se obțin dispozitive robuste, de dimensiuni ceva mai mari (cote de gabarit) care asigură proprietăți specifice, „superioare în exploatare ca întreaga gamă de dispozitive de putere cunoscută cu contacte prin presiune.

4. Concluzii

Tehnologia de realizare a dispozitivelor semiconductoare de putere cu izolare de potențial cu contacte lipite câștigă în competiție prin economia de materiale și versatilitatea pe care o oferă montarea structurilor în paralel. Se poate obține o familie de module fabricând o singură dimensiune de structură. Această tehnologie cu lipirea structurii la temperaturi relativ joase permite folosirea de structuri obținute prin tehnologie planară sau glasivare cu foarte bună stabilitate în blocare. Dificultatea mare pe care o prezintă această tehnologie este conducerea proceselor pentru evitarea situațiilor prezentate anterior, care se găsesc și la marile firme.

Tehnologia de fabricație a dispozitivelor semiconductoare de putere cu izolare de potențial prin contacte presate preia structura și sistemul de montaj al dispozitivelor discrete de putere cunoscute și fabricate tradițional. Nu necesită tehnologii noi de fabricare a structurilor pentru module, iar alierea siliciului pe moliuden cu aluminiul la temperaturi ridicate conferă garanțiile cunoscute de la dispozitivele discrete fabricate anterior. Consumul sporit de materiale și prețul ridicat al acestor module este compensat prin robustețea lor și calitatea lor deosebită la rezistența la oboseală termică.

Bibliografie

- [1] BBC — Technische Information, No 25, 1987.
- [2] Kingery W. D. — Introduction to ceramics, 1967.
- [3] IPEC—TOKIO — 1983.

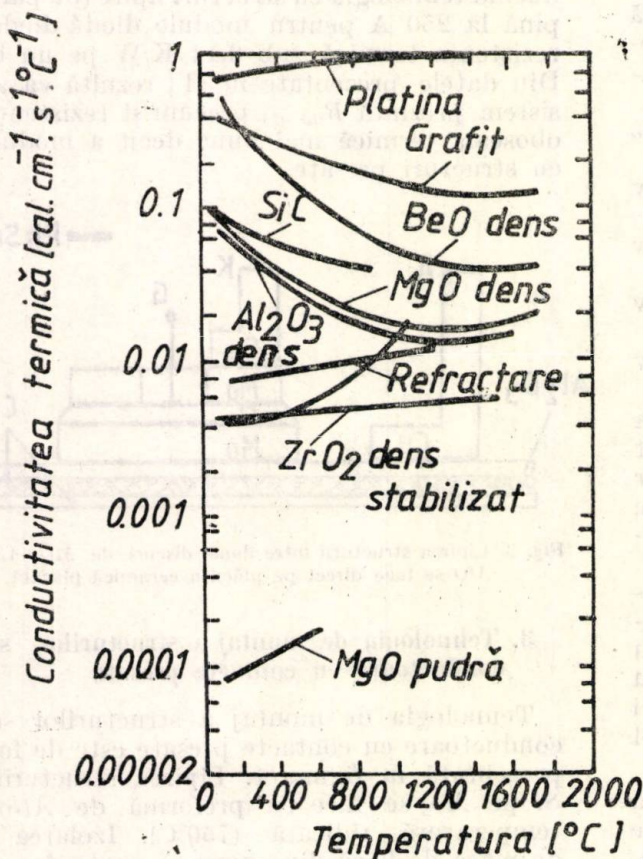


Fig. 5. Conductivitatea termică a unor materiale ceramice [2].

NOTE

În ziua de 9 iunie 1988 s-au desfășurat în IPRS Băneasa lucrările Sesiunii Anuale de Comunicări Științifice „Beta” — ediția a 9-a. Organizată sub patronajul (organizarea) Consiliului Oamenilor Muncii, Comitetului Sindicatului și Comisiei Inginerilor și Tehnicienilor din întreprindere, sesiunea — intrată deja în frumoasele tradiții ale IPRS — s-a dovedit din nou a fi un adevărat forum al creației tehnico-științifice din întreaga întreprindere. Pentru prima dată s-a editat în condiții grafice deosebite un volum cu lucrările prezentate la Sesiune. Scopul acestui volum este dublu: îmbogățirea patrimoniului documentar propriu și popularizarea adecvată a rezultatelor raportate, precum și — de ce nu? — a autorilor acestora.

În Cuvîntul introductiv la volumul de lucrări sînt enunțate circumstanțele organizării și desfășurării sesiunii.

La începutul celui de al cincilea deceniu de la epocala inventare a tranzistorului, IPRS-Băneasa se regăsește cu mîndrie ca întreprindere etalon în industria electronică românească. Istoria de peste un sfert de veac a IPRS-Băneasa se identifică practic cu perioada de dezvoltare a electronicii moderne din țara noastră, bazată pe utilizarea dispozitivelor semiconductoare și a circuitelor integrate a căror fabricație autohtonă a debutat în întreprinderea noastră. Astăzi marca „ β ” este bine cunoscută în țară și peste hotare, atît în domeniul componentelor electronice, cît și în cel al aplicațiilor industriale prin care se valorifică superior propriile componente.

Dacă punctul de pornire al IPRS-Băneasa l-au constituit licențele de fabricație și importurile de materiale, astăzi principala resursă, practic inepuizabilă, care îi condiționează progresul și dezvoltarea constă în propria „materie cenușie”. Obiectivul prioritar al întregii întreprinderi, în frunte cu conducerea sa politică și administrativă constă în valorizarea maximă a creativității tehnico-științifice a specialiștilor din întreprindere, a tuturor oamenilor muncii. Tehnologiile actuale avansate, spectrul deosebit de larg de produse puse la dispoziția beneficiarilor, performanțele și calitatea la nivelul exigențelor impuse pe plan

mondial constituie astăzi aproape în totalitate rodul propriei activități creatoare, caracterizată de înaltă componență și eficiență. Realizările IPRS-Băneasa în promovarea și stimularea demersurilor inventiv-inovative au fost recunoscute prin acordarea locului I pe sector și pe Capitală, pentru acest tip de activități.

Comisia inginerilor și tehnicienilor este direct implicată în organizarea, desfășurarea și stimularea creației tehnico-științifice proprii. Pe acest plan, alături de bogatul palmares al IPRS-Băneasa în privința invențiilor, inovațiilor, raționalizărilor, doctoratelor, publicațiilor științifice, participărilor la conferințe și simpozioane științifice, a devenit tradițională dezbateră anuală a celor mai importante realizări ale specialiștilor din întreprindere în cadrul Sesiunii de comunicări științifice „Beta”. Ca și în ceilalți ani, Sesiunea a debutat cu o lucrare invitată. De această dată, invitatul de onoare, dr. ing. A. Rusu, personalitate proeminentă a electronicii românești, a prezentat un concept novator de realizare a unei funcții de dispozitiv obținută pînă în prezent pe baza altor principii: „Structura varicap funcțională”, în care în locul capacității de barieră se utilizează capacitatea de difuzie în scopul obținerii unei capacități variabile cu tensiunea. Auditoriul a avut privilegiul să i se dezvăluie în premieră un posibil nou dispozitiv semiconductor, realizabil în viitorul apropiat.

Sesiunea a continuat cu cele 13 comunicări științifice regulate, selecționate din 20 de lucrări propuse. Criteriile de selecție au fost severe și au ținut cont de valoarea tehnico-științifică, eficiența economică, stadiul realizării practice (punerea în aplicare în producție), nivelul prezentării și modul de redactare. Din prezentări, din cuvintele participanților, din intervențiile directorului întreprinderii, cît și din volumul de lucrări, a reieșit clar profesionalismul colectivului tehnico-ingineresc din IPRS-Băneasa, realismul și spiritul practic în abordarea tematicii de cercetare-proiectare, dorința vie de a pune în valoare capacitatea creatoare proprie în domeniul atît de dinamic al industriei electronice. Sesiunea s-a încheiat cu invitația pentru ediția a 10-a a Sesiunii „Beta”, 1989



IIRUC service

**Întreprinderea pentru Întreținerea
și Repararea Utilajelor de Calcul
și de Electronică Profesională**

București — România
Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, sector 2
Telefon : 88.20.70
Telex : Service I.I.R.U.C. 11716 R

Întreprinderea noastră a luat ființă în 1968, în București.

Acum, IIRUC oferă service tehnic pentru o gamă foarte largă de echipamente, printre care:

- comandă numerică pentru mașini-unelte
- sisteme și minisisteme de calcul
- instrumente electronice de analiză și măsură
- automate de dirijarea circulației
- televiziune în circuit închis
- radiotelefoane
- aparatură medicală
- diverse alte echipamente

În principal, service-ul tehnic pe care li oferim se compune din :

- întreținerea preventivă periodică
- intervenții la cerere la sediul beneficiarului
- reparații și recondiționări în laboratoare proprii
- instruirea personalului de exploatare al beneficiarului.

Aceste servicii sînt oferite atât utilizatorilor, cliți și producătorilor români sau străini, în România sau pe terțe piețe.

11 SECȚII

DE PRODUCȚIE — 80 DE FILIALE

În prezent, IIRUC deține contracte de service cu mai mult de 16.000 de beneficiari români sau străini, deservind un parc de peste 350.000 de unități fizice.

Mai mult decît atât, acest parc se caracterizează prin existența a aproximativ 1.000 de tipuri diferite de echipamente, provenind de la 60 de producători independenți.

Pentru a răspunde acestor cerințe, ne-am structurat activitatea pe 11 secții de producție coordonate pînă la Sediul Central din București.

Secții naționale pentru service dedicat

- S 15 — Procese automatizate prin comandă numerică
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 87.37.20
- S 20 — Sisteme și minisisteme de calcul cu utilizare generală
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.68.20

Secții teritoriale pentru service generalizat

- S 03 — BUCUREȘTI
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.60.65
- S 07 — OLTEANIA
— Cartier Rovine, bl. A, Craiova/România, tel. : 941/4.70.61
- S 08 — BANAT
— Piața 700, Timișoara/România, tel. : 961/3.45.26
- S 09 — TRANSILVANIA-NORD
— Str. Cîmpeni nr. 28, Cluj-Napoca/România, tel. : 951/3.41.14
- S 10 — TRANSILVANIA-SUD
— Str. Traian nr. 34, Brașov/România, tel. : 921/3.09.37
- S 11 — MOLDOVA
— Str. Republicii, Iași/România, tel. : 981/3.28.44, 3.33.02
- S 12 — MUNTENIA
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.61.80
- S 13 — DOBROGEA
— Str. Poporului nr. 121, Constanța/România, tel. : 916/6.45.95, 6.47.93



1 JUN 1989

E2040

04

ETE



Electrotehnica Electronica Automatica

ELECTROTEHNICA • BUCUREȘTI • ANUL 36 • NR. 5 • IULIE 1988

ELECTROTEHNICA, AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

Anul 36

Nr. 5

ieulie 1988

ELECTROTEHNICA

CUPRINS

CZ 621.396.6 : 621.385.16

TEHNOLOGII CU MICROUND
MAGNETRON CU EMISIE CONTINUĂ
PROIECTARE

Miron, D., Gavrilu, N., Niculae, D. : Considerații privind proiectarea magnetronelor cu emisie continuă.

E.E.A. — Electrotehnica 36, nr. 5, ieulie 1988, p. 167

Lucrarea expune considerații privind proiectarea, construcția și încercarea magnetronului cilindric cu cavități rezonante în vederea promovării tehnologiilor cu microunde, precum și metode care să țină seama de nivelul actual al dezvoltării tehnologice în acest domeniu. Magnetronul de medie putere realizat de autori are aplicații cu rezultate deosebite la echiparea cupatoarelor cu microunde.

CZ 621.3.048 : 67/68

IZOLAȚII FLEXIBILE
POLIMERI
TEHNOLOGII

Nicola, Gr. : Noi tipuri de polimeri folosiți în fabricația de izolații flexibile.

E.E.A. — Electrotehnica 36, nr. 5, ieulie 1988, p. 174

Sint prezentate studii privind comportarea la temperatura de 200°C a izolațiilor flexibile tip 463, realizate de autori și fabricate la ICME—București. Se mai prezintă tehnologia de obținere a izolațiilor flexibile tip 463 după expunerea timp de 2 000 ore la temperatura de 200°C și menținerea timp de 1 350 ore la apă, principalele reacții chimice ce se produc în timpul fabricației izolației flexibile, cit și flexibilitatea izolației în funcție de structura polimerului izolant.

CZ 621.316 : 621.313.047

AUTOMATE FINITE
CIRCUITE DE COMUTAȚIE

Dumitrescu, L., Reus, N. : Proiectarea prin metoda simbolică a sintetizoarelor numerice de frecvență.

E.E.A. — Electrotehnica 36, nr. 5, ieulie 1988, p. 179

În lucrare se prezintă posibilitatea folosirii memoriilor PROM pentru implementarea sintetizoarelor de frecvență cu $f = \frac{8x}{y} f_1$ (x și y fiind constante sau variabile). „Dicționarul” de înscriere a acestora rezultă din aplicarea metodei numerice de sinteză.

CZ 621.313 : 538.114 : 621.3.014.3

MICROMOTOR FEROREZONANT
REGIM TRANZITORIU ȘI PERMANENT
SIMULARE NUMERICĂ

Simion, E., Munteanu, R., Topa, V. : Studiul numeric al micromotorului ferorezonant parametric.

E.E.A. — Electrotehnica 36, nr. 5, ieulie 1988, p. 192

Lucrarea are ca obiect un studiu asupra unui micromotor ferorezonant parametric care poate funcționa în regim de levitație.

De asemenea, lucrarea mai cuprinde date privind funcționarea motorului, modelul matematic în regim tranzitoriu și permanent, precum și rezultatele obținute în urma simulărilor numerice.

CZ 621.316.3 : 004.5

TERMISTOARE
CONTROL AUTOMAT

Codreanu, C., Codreanu, S. : Termistor perlă miniaturizată semirefractar.

E.E.A. — Electrotehnica 36, nr. 5, ieulie 1988, p. 187

Materialul se referă la parametrii și caracteristicile de bază ale unui tip de termistor perlă miniaturizată, cu limita maximă de temperatură de 350°C (semirefractar), obținut pe baza unei tehnologii originale [2].

CZ 621.367 : 629.12

CALCULATOR DE PROCES
Lazăr, S.I. ș.a. : Microcalculator pentru prelucrarea încărcăturii navelor tip petrolier și BULK—CARRIER—CENROM.

E.E.A. — Electrotehnica 36, nr. 5, ieulie 1988, p. 189

Microcalculatorul, denumit CENROM permite precalcularea corectă și ușoară a distribuției mărfii în nave ca : tancuri petroliere, vrachiere, nave port-container, bulk-carriere etc., evitând supunerea corpului navei la eforturi periculoase și mărind viteza de încărcare-descărcare în condiții de maximă securitate. Determinarea eforturilor la care este supusă nava se poate face înainte, cit și în timpul operațiilor de încărcare/descărcare în porturi, precum și pe parcursul mersului.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI ; dr. ing. I. BĂTRINA ; dr. ing. V. BUNEA ; prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU ; ing. V. CEOCEONICA ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; prof. dr. ing. M. DRĂGĂNESCU ; prof. dr. ing. M. HĂNGANUȚ ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. G. HORTOPAN ; ing. I. ILIESCU ; ing. V. LEFTER ; prof. dr. ing. C. MOCANU ; prof. dr. ing. A. NICOLAIDE ; ing. A. POPA ; dr. ing. VALERIUS STANCIU, redactor responsabil adjunct ; dr. ing. FLORIN TEODOR TANASESCU, redactor responsabil.

Redactor rubrică : GRETA ANDREI



СОДЕРЖАНИЕ

УДК 621.396.6 : 621.385.16

МИКРОВОЛННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МАГНЕТРОН С ПОСТОЯННОЙ ЭМИССИЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Мирон, Д., Гаврилю, Н., Никулае, Д.: Соображения по проектированию магнетронов с постоянной эмиссией.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, № 5, июль 1988 г., стр. 167

В работе представляются соображения по проектированию, конструкции и испытании цилиндрического магнетрона с резонансной полостью с целью развития микроволновой технологии, а также методы, при которых имеется ввиду настоящий уровень развития технологии в этой области. Разработанный магнетрон средней мощности авторами хорошими результатами применяется при оснащении микроволновых печей.

УДК 621.3.048: 67/68

ГИБКИЕ ИЗОЛЯЦИИ ПОЛИМЕРЫ ТЕХНОЛОГИИ

Никола, Г.: Новые типы используемых полимеров при производстве гибких изоляций.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, № 5, июль 1988 г., стр. 174

Представляются изучения по поведению при температуре 200°C гибких изоляций типа 463, разработанных автором и произведенных в ИКМЭ — г. Бухарест. Представляются, также, технология изготовления гибких изоляций типа 463 после поддержки во время 2000 ч при температуре 200°C и поддержки во время 1350 ч под водой, главные происходящие химические реакции во время производства гибкой изоляции, а также гибкость изоляции в зависимости от структуры изолирующего полимера.

УДК 621.316 : 621.313.047

КОНЕЧНЫЕ АВТОМАТЫ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ СХЕМЫ

Думитреску, Л., Реус, Н.: Проектирование символическим методом частотных числовых синтезаторов.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, № 5, июль 1988 г., с. стр. 179

В работе представляется возможность применения памяти ПРОМ для внедрения частотных синтезаторов

$$s f = \frac{8x}{y} f_i \quad (x \text{ и } y \text{ являясь постоянными или переменными}).$$

„Словарь” записи этой частоты исходит из применения синтезированного числового метода.

УДК 621.313: 538.114: 621.3.014.3

ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЙ МИКРОДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННЫЙ И ПЕРЕХОДНЫЙ РЕЖИМ ЧИСЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Симион, Е., Мунтяну, Р., Тона, В.: Числовое исследование параметрического феррорезонансного микродвигателя.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, № 5, июль 1988 г., стр. 182

В работе представляется исследование параметрического феррорезонансного микродвигателя, работающего в режиме левитации. Также, представляются данные о работе двигателя, математическая модель в постоянном и переходном режимах и полученные результаты вследствие числовых моделирований.

УДК 621.316.8: 004.5

ТЕРМИСТОРЫ АВТОКОНТРОЛЬ

Кодрану, К., Кодрану, С.: Полуголеупорный термистор с миниатюризированной бусинкой.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, № 5, июль 1988 г., стр. 187

В работе представляются основные характеристики и параметры некоторого типа термистора с миниатюризированной бусинкой, с верхним пределом температуры при 350°C (полуголеупорный), созданный на основе оригинальной технологии [2].

УДК 621.367: 629.12

УПРАВЛЯЮЩАЯ ЭВМ

Лазар, С. И. и другие: Микро ЭВМ обработки данных о судовом грузе нефтяных танкеров BULK — CARRIER — CENROM.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, № 5, июль 1988 г., стр. 189

Мини ЭВМ „CENROM“ допускает предварительный точный и удобный расчёт распределения судового груза нефтяных танкеров грузовых судов, рудо и зерно в условиях максимальной надежности. Определение усилий к которым подвергается судно производится до и при выполнении операций нагрузки/разгрузки, в портах, а также во время рейса суда.

INHALT

DK 621.396.6 : 621.385.16

TECHNOLOGIEN MIT MIKROWELLEN MAGNETRON MIT KONTINUIRLICHEN EMISSION ENTWURF

Miron, D., Gavrilu, N., Niculae, D.: Hinweise bezüglich des Magnetron Entwurfs mit kontinuierlichen Emission.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, Juli 1988, S. 167

Die Arbeit bezieht sich auf die Hinweise des Entwurfs, Bauart und zylindrischen Magnetronversuch mit Resonanzhoheväume für die Versetzung der Mikrowellentechnologien und die Methode des aktuellen Niveau der technologischen Entwicklung in diesem Bereich. Das mittlen Leistungsmagnet von den Autoren lere hergestellt, findet mit den bedeutenden Ergebnisse bei der Ausrüstung der Mikrowellenöfen grosse Anwendungen.

DK 621.3.048 : 67/68

BEUGBARE ISOLATIONEN POLYMERE TECHNOLOGIEN

Nicola, Gr.: Neue Polymertypen in der beugbaren Isolationsherstellung verwendet.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, Juli 1988, S. 174

Man stellt einige Studien vor, bezüglich des Verhaltens der beugbaren Isolationen Typ 463 bei einer Temperatur von 200°C, vom Autor hergestellte und in ICME — Bukares durchgeföhrt. Man bezieht sich auch auf die Erhaltungstechnologie der beugbaren Isolationen Typ 463 nach eine Ausstellung von 2000 Stunden bei einer Temperatur von 200°C and des Verweilen während 1350 Studen im Wasser auf, die bedeutendsten chemischen Reagierungen, die sich während der beugbaren Isolationsherstellung formen als auch die Isolationsflexibilität bezüglich der izolierten Polymerstruktur.

DK 621.316 : 621.313.047

ENDAUTOMATE KOMMUTATORKREISE

Dumitrescu, L., Reus, N.: Entwurf mit Hilfe der symbolischen Methode der numerischen Frequenzsynthesatoren.

Е.Е.А. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, Juli 1988, S. 179

In der Arbeit stellt man die Möglichkeit der Speicheranwendung PROM für die Implementierung der Frequenzsynthesatoren mit $f = \frac{8x}{y} f_i$ (x und y sind Konstanten oder Variablen), vor. Das „Einschreibebuch” dieser ergibt sich aus der Anwendung der numerischen Synthesemethode.

DK 621.313 : 538.114 : 621.3.014.3

MIKROMOTOR FERRORESONANT
DAUER-UND ÜBERGANGSREGIME
NUMERISCHE SIMULATION

Simion, E., Munteanu, R., Topa, V. : Numerische Studie des ferroresonanten parametrischen Mikromotors.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, Juli 1988, S. 182

Die Arbeit stellt eine Studie dar, die sich auf einen ferroresonanten parametrischen Mikromotor bezieht, der in Levitationsregime betriebsfähig ist.

Gleichzeitig fasst die Arbeit noch Daten hinsichtlich des Motorbetriebs, des mathematischen Modells im Bauer und Übergangsregime, als auch die erhaltenen Ergebnisse der numerischen Simulation, Zusammen.

DK 621.316.3 : 004.5

THERMISTOREN
AUTOMATISCHE KONTROLLE

Codreanu, C., Codreanu, S. : Thermistor halbbeständig miniaturisierte Perle.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, Juli 1988, S. 187

Die Arbeit bezieht sich auf die Parameter und Grundcharakteristiken eines Thermistortyps miniaturisierte Perle, mit höchster Temperaturgrenze 350°C (halbbeständig) den man auf Grund einer originalen Technologie erhalten hat [2].

DK 621.367 : 629.12

DER PROZESSRECHNER

Lazăr, I.S. u.a. : Mikrorechner für Verarbeitung der Schiffs-ladungen vom Typ Öltanker und BULK-CARRIER-CENROM.
E.E.A. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, Juli 1988, S. 189

Der Mikrorechner, bekannt CENROM, ermöglicht die richtige und leichte Vorbereitung der Verteilung der Ware in Schiffe wie : Öltanker, Port-Container-Schiffe, bulk-carriers u.s.w., indem man vermeidet, den Schiffskörper gefährlichen Belastungen auszusetzen und wobei man die Abladungsgeschwindigkeit vergrößert in maximalen Sicherheitsbedingungen. Die Bestimmung der Belastungen denen das Schiff ausgesetzt ist, kann sowohl vor als auch während der Auflade/Abladevorgänge in den Häfen erfolgen sowie während der Fahrt.

CONTENTS

DC 621.396.6 : 621.385.1

MICROWAVE TECHNOLOGIES
CONTINUOUS EMISSION MAGNETRON
DESIGN

Miron, D., Gavrilu, N., Niculae, D. : On the design of continuous emission magnetron.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, No. 5, July 1988, p. 167

In the work, some considerations concerning the design, manufacturing and testing of the resonant cavity cylindrical magnetron in view to promote microwave technologies, as well as methods to take into account the actual level of the technological progress in this field, are presented. The medium power magnetron developed by the authors has been applied with particularly good results for microwave ovens.

DC 621.3.048 : 67/68

FLEXIBLE INSULATIONS
POLYMERS
TECHNOLOGIES

Nicola, Gr. : New types of polymers used for flexible insulations.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, No. 5, July 1988, p. 174

In the work, studies concerning the behaviour at 200°C of the flexible insulations type 463, developed by the author and realized at ICME — Bucharest, are presented. Also, the manufacturing technology of the flexible insulations type 463 following their exposure for 2,000 hours at 200°C and their maintenance for 1,350 hours under water, the main

chemical reactions appearing during the flexible insulation manufacturing process, as well as the insulation flexibility, function the insulating polymer structure, are presented.

DC 621.316 : 621.313.047

FINITE AUTOMATA
SWITCHING CIRCUITS

Dumitrescu, L., Reus, N. : Design by the symbolical method of the frequency numerical synthesizer.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, No. 5, July 1988, p. 179

In the work, the possibility of using the PROM memories for the implementation of the frequency synthesizers with

$f = \frac{8x}{y} f_i$; (where x and y are constants or variables), is pointed out to. The „dictionary” for the frequency inscription results from the application of the synthesis numerical method.

DC 621.313 : 538.114 : 621.3.014.3

FERRORESONANT MICROMOTOR
STEADY AND TRANSITORY STATES
NUMERICAL SIMULATION

Simion, E., Munteanu, R., Topa, V. : Numerical study of the parametric ferroresonant micromotor.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, July 1988, p. 182

The work aims at presenting a study concerning a parametric ferroresonant micromotor that can operate in a levitation state too.

Also, data concerning the motor operation, the mathematical model in steady and transitory states, as well as the results obtained following the numerical simulations, are give.

DC 621.316.3 : 004.5

THERMISTORS
AUTOMATIC CONTROL

Codreanu, C., Codreanu, S. : Semi heat-resistant miniature pearl thermistor.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, No. 5, July 1988, p. 187

The paper refers to the basical parameters and characteristic of a miniature pearl thermistor, with a maximum temperature thrashold of 350°C (semi-heat-resistant), developed according to an original technology [2].

DC 621.367 : 629.12

PROCESS COMPUTER

Lazăr, S.I. e.a. : Microcomputer for oil tankers and bulk-carriers cargo processing — CENROM.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, no. 5, July 1988, p. 189

The microcomputer named CENROM permits an accurate and easy precalculation of the cargo distribution in ships such as : oil tankers, bulk-carriers, container, carriers etc. avoiding the submission of the ship's body to dangerous stresses and increasing the loading-unloading speed under conditions of maximum safety. The calculation of the stresses to which the ship is subjected can be made before or during the loading-unloading operations in harbours, as well as on the way.

SOMMAIRE

CD 621.396.6 : 621.385.16

TECHNOLOGIES A MICRO-ONDES
MAGNETRON A EMISSION CONTINUE
CONCEPTION

Miron, D., Gavrilu, N., Niculae, D. : Considérations sur la conception des magnétrons à émission continue.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, Nr. 5, juillet 1988, p. 167

L'ouvrage expose des considérations sur la conception, la construction et l'essai du magnétron cylindrique à cavités résonnantes en vue de promouvoir les technologies à micro-

micro-ondes, ainsi que des méthodes qui respectent le niveau actuel du développement technologique dans ce domaine. Le magnétron de puissance moyenne réalisé par les auteurs trouve des applications avec des résultats considérables, à l'équipement des fours à micro-ondes.

CD 621.3.048 : 67/68

ISOLATIONS FLEXIBLES
POLYMERES
TECHNOLOGIES

Nicola, Gr. : Nouveaux types de polymères utilisés dans la fabrication des isolations flexibles.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, nr. 5, juillet 1988, p. 174

On présente des études visant le comportement des isolations flexibles type 463, à une température de 200°C, réalisées par l'auteur et fabriquées à ICME—Bucarest.

On présente également la technologie d'obtention des isolations flexibles type 463 après les avoir soumises pendant 2 000 heures à une température de 200°C et maintenues pendant 1350 heures dans l'eau, les principales réactions chimiques qui se produisent pendant la fabrication de l'isolation flexible, ainsi que la flexibilité de l'isolation dépendant de la structure du polymère isolant.

CD 621.316 : 621.313.047

AUTOMATES FINIS
CIRCUITS DE COMMUTATION

Dumitrescu, L., Reus, N. : La conception par la méthode symbolique des synthétiseurs numériques de fréquence.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, nr. 5, juillet 1988, p. 179

Dans l'ouvrage on présente la possibilité d'utiliser des mémoires PROM pour l'introduction des synthétiseurs de fréquence avec $f = \frac{8x}{y} f_0$, (x et y étant constante ou variables).

Le dictionnaire „d'inscription de celle-ci résulte de l'application de la méthode numérique de synthèse”.

CD 621.313 : 538.114 : 621.3.014.3

MICROMOTEUR FERRORESONNANT
REGIME TRANSITOIRE ET PERMANENT
SIMULATION NUMERIQUE

Simion, E., Munteanu, R., Topa, V. : L'étude numérique du micromoteur ferromécanique paramétrique.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, nr. 5, juillet 1988, p. 182

L'ouvrage a pour objet une étude sur un micromoteur ferromécanique paramétrique qui peut fonctionner en régime de lévitation.

L'ouvrage contient de même, des données sur le fonctionnement du moteur, le modèle mathématique en régime transitoire et permanent, ainsi que les résultats obtenus à la suite des simulations numériques.

CD 621.316.3 : 004.5

CONTROLE AUTOMATIQUE

Codreanu, C., Codreanu, S. : Thermistor à perle miniaturisée semiréfractaire.

E.E.A. — *Electrotehnica* 36, nr. 5, juillet 1988, p. 187

L'ouvrage se réfère aux paramètres et aux caractéristiques de base d'un type de thermistor à perle miniaturisée à limite maximale de température de 350°C (semiréfractaire), obtenu à base d'une technologie originale [2].

CD 621.367 : 629.12

ORDINATEUR DE PROCESSUS

Lazăr, S.I. et au : Microcalculateur pour traitement de la cargaison des navires du type pétrolier et BULK—CARRIER—CENROM.

E.E.A. — *Electrotehnica* 63, nr. 5, juillet, 1988, p. 189

Le microcalculateur, appelé CENROM rend possible le précalcul correct et aisé de la distribution des marchandises dans des navires tels : pétroliers, navires porte-container, bulk-carriers, etc., évitant que la coque du navire subisse des efforts dangereux et augmentant la vitesse de chargement—déchargement en conditions de sécurité maximale. La détermination des efforts que le navire doit subir peut être faite avant ainsi que pendant les opérations de chargement/déchargement en ports, aussi bien qu'en route.

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Electrotehnica nr. 5

CZ 621.396.6 : 621.385.16

TEHNOLOGII CU MICROUND
MAGNETROANE
PROIECTARE

Considerații privind proiectarea, construcția și încercarea magnetronelor cu emisie continuă

DUMITRU MIRON, NICOLAE GAVRILIU, DUMITRU NICULAE* — BUCUREȘTI

Introducere

Promovarea pe scară largă a tehnologiilor cu microunde reprezintă o acțiune cu implicații economice deosebit de importante având în vedere avantajele de necontestat ale acestor tehnologii în ceea ce privește consumul de energie, productivitatea, dimensiunile reduse ale instalațiilor tehnologice, evitarea utilizării unor materiale energofage etc.

Elementul esențial ce condiționează introducerea și extinderea tehnologiilor cu microunde în economia RSR îl reprezintă magnetronul cu emisie continuă.

Magnetronul este un tub electronic, generator de microunde, a cărui funcționare se bazează pe mișcarea electronilor în cimpuri statice electrice și magnetice ortogonale.

Cea mai largă răspundere a cunoscut-o magnetronul cilindric cu cavități rezonante care se caracterizează prin puteri mari de ieșire și randament ridicat.

Dacă din punct de vedere teoretic problemele referitoare la principiul de funcționare a magnetronului cilindric cu cavități rezonante sînt prezentate detaliat în literatură [1, 2], cele privind proiectarea, construcția și încercarea suportă încă precizări și chiar elaborarea de metode care să țină seama de nivelul actual al dezvoltării tehnologice în acest domeniu.

1. Considerații privind proiectarea

Elementele constructive și funcționale ale magnetronului cu emisie continuă sînt prezentate în figura 1.

Proiectarea magnetronului presupune determinarea elementelor constructive și funcționale ale principalelor părți componente (catod și bloc anodic).

1.1. Proiectarea catodului

Proiectarea catodului presupune determinarea tensiunii și a curentului de încălzire, și, în funcție de acestea, calculul diametrului și lungimii acestuia.

Tensiunea de filament (U_f) se alege din valorile standardizate cuprinse în intervalul 3,2 — 12 V.

Pentru calculul curentului de încălzire se pornește de la curentul de emisie (I_e) care, conform [1] trebuie să fie $1,5 \div 2 I_a$

$$I_a = \frac{P_i}{U_a}, \quad (1)$$

unde P_i este puterea la ieșire, iar U_a — tensiunea anodică;

$$P_f = \frac{I_e}{H_e}, \quad (2)$$

unde :

I_e este curentul de emisie, A;

H_e — eficacitatea încălzirii, respectiv emisia specifică a suprafeței catodului pe unitatea de putere cheltuită pentru încălzirea lui, A/W.

Valorile lui H_e sînt date în tabele pentru diferite tipuri de catodi și depind de temperatura de lucru a catodului.

Rezistența catodului la temperatura de funcționare este :

$$R_f = \frac{U_f}{P_f}. \quad (3)$$

Se calculează rezistența la temperatura ambiantă (20°C) :

$$R_{20} = \frac{R_T}{1 + \alpha (T - 273)}. \quad (4)$$

* Dr. ing. Miron, D., ing. Dumitru, N. și fiz. Gavrilu Nicolae — Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică — București.

Pentru calculul diametrului și lungimii active a filamentului se pornește de la puterea specifică de încălzire :

$$p = \frac{P_f}{d_f \cdot l_f}, \quad (5)$$

$$d_f \cdot l_f = \frac{P_f}{p}. \quad (6)$$

În funcție de diametrul filamentului se determină diametrul spirei :

$$d_{sp} = 5 - 7 d_f, (d_f > 1 \text{ mm}), \quad (10)$$

$$d_{sp} = 4 - 10 d_f, (d_f < 1 \text{ mm}). \quad (11)$$

Rezultă numărul de spire :

$$n_{sp} = \frac{l_f}{\pi \cdot d_{sp}} \quad (12)$$

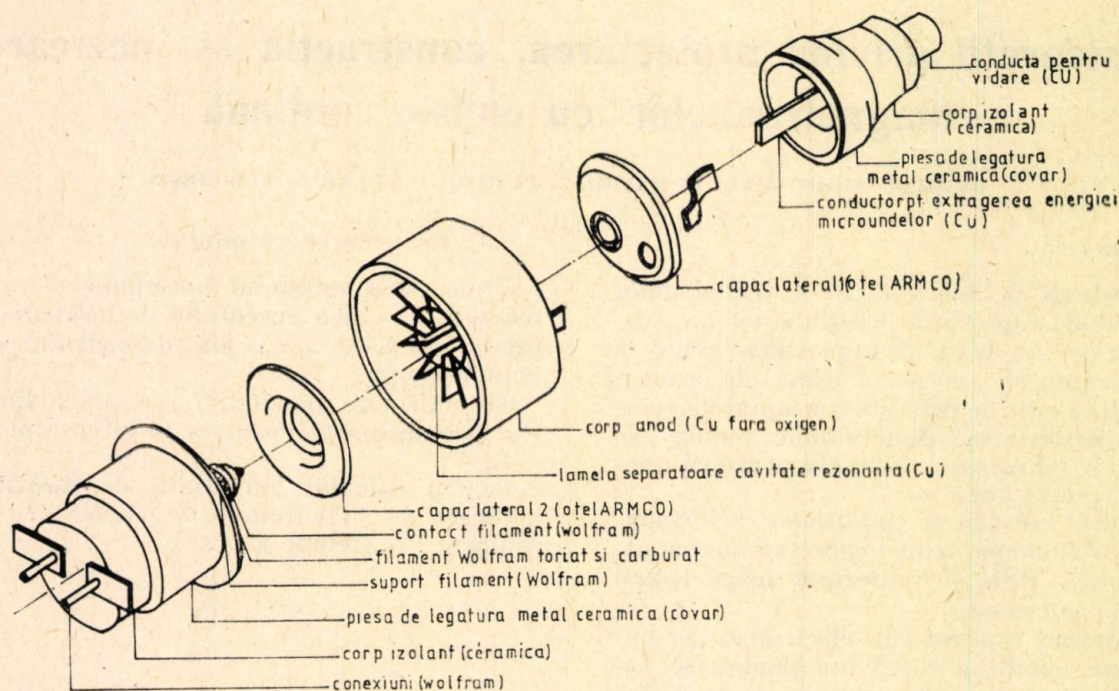


Fig. 1. Construcția generală a unui magnetron cu emisie continuă.

Valorile lui p sînt date în literatură pentru diferite tipuri de catozi.

Pe de altă parte :

$$\frac{l}{d_2} = \frac{R_{20}}{0,7 \rho}. \quad (7)$$

Din sistemul de ecuații (6), (7) rezultă :

$$d_f = \sqrt[3]{\frac{0,7 \cdot p}{p R_{20}}}, \quad (8)$$

$$l_f = \frac{P}{p} \frac{1}{\sqrt[3]{\frac{0,7 P \rho}{p R_{20}}}}. \quad (9)$$

Valorile rezultate sînt, în cm, dacă :

P se exprimă în W,

ρ se exprimă în Ω cm,

R se exprimă în Ω ,

p se exprimă în W/cm².

și lungimea activă a catodului :

$$l = N \cdot d_f + (N - 1)p, \quad (13)$$

p fiind pasul de înfășurare.

În cazul catozilor cu oxizi proiectarea prezintă unele particularități specifice construcției acestora.

Este cunoscut faptul că un catod cu oxizi constă dintr-un cilindru metalic (nichel pur) pe care se depune stratul emisiv din oxid de bariu și de stronțiu și filamentul de încălzire.

Din cauza complexității excesive a deducerii unor expresii analitice, calculul este aproximativ și se efectuează presupunînd temperatura constantă pe toată suprafața catodului.

Calculul constă în determinarea suprafeței active a catodului care să asigure curentul de emisie necesar și a filamentului care asigură atingerea temperaturii de funcționare a catodului.

În aceste condiții puterea de încălzire este dată de relația :

$$P_i = \pi d_c [\eta_{ox} l_0 + \eta_i (l_1 + l_2)], \quad (14)$$

unde :

- d_c — este diametrul catodului;
- l_0 — lungimea stratului de oxid;
- l_1, l_2 — lungimile capetelor catodului neacoperite cu strat de oxid;
- η_{ox} — eficacitatea stratului de oxid, W/cm²;
- η_{Ni} — eficacitatea stratului de Ni, W/cm²;
- $l_0 + l_1 + l_2 = l_c$,

iar suprafața activă a catodului este dat de relația :

$$\pi d_c l_c = \frac{I_e}{J_e}, \quad (15)$$

unde :

- d_c — diametrul catodului, cm;
- l_c — lungimea catodului, cm;
- I_e — curentul de emisie, mA;
- J_e — densitatea medie a curentului de emisie, mA/cm².

Alegîndu-se una din dimensiuni se calculează cealaltă.

Timpu de încălzire a catodului la temperatura de lucru se calculează cu relația :

$$t_i = 4,186 \frac{mc\Delta t}{P_i} \text{ (s)}, \quad (16)$$

unde :

- m — masa catodului (g),
- c — căldura specifică a catodului $\left(\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}\right)$,
- Δt — supratemperatura ($^\circ\text{C}$),
- P_i — puterea de încălzire (W).

1.2. Proiectarea anodului

Între parametrii constructivi și funcționali ai magnetronului există relația :

$$U_a = \frac{4\pi f}{N} r_c d B_0 \quad (17)$$

unde :

- U_a — este tensiunea anodică (V),
- r_c — raza catodului (m),
- d — distanța dintre anod și catod (m),
- f — frecvența de lucru a anodului (Hz);
- N — numărul cavităților rezonante,
- B_0 — inducția magnetică în spațiul de interacțiune $\left(\frac{\text{W}_b}{\text{m}^2}\right)$.

Ținînd seama de faptul că pe plan mondial s-a convenit ca frecvența de lucru a magnetronului cu emisie continuă ce se utilizează în Europa să fie de 2 450 MHz, relația (17) devine :

$$U_a = 31 \cdot 10^9 \frac{rc^2(1 - \sigma)}{\sigma N} B_0, \quad (18)$$

unde :

$$\sigma = \frac{r_c}{r_a} = 0,85 - \frac{3,83}{N}. \quad (19)$$

Se alege una dintre mărimile U_a sau B_0 astfel încît :

$$U_a < U_{acr},$$

$$B_0 > B_{ocr}, 2$$

$$U_{acr} = \frac{q}{m} \frac{r_a^2}{8} \left(1 - \frac{r_c}{r_a^2}\right)^2 B_0^2, \quad (20)$$

$$B_{ocr} = \frac{\sqrt{8 \frac{m}{q} U_a}}{r_a \left(1 - \frac{r_c^2}{r_a^2}\right)}, \quad (21)$$

unde :

m — este masa electronului $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg;

q — sarcina electronului $1,6 \cdot 10^{-19}$ A.s.

Înlocuind aceste valori în relațiile (20), (21), pentru $r_a = 2r_c$, rezultă :

$$U_{acr} = 1,25 \cdot 10^{10} \cdot r_a^2 \cdot B_0^2(V), \quad (22)$$

$$B_{ocr} = 9 \frac{\sqrt{U_a}}{r_a} (I) (T). \quad (23)$$

Magnetronul cu emisie continuă avînd o construcție cu cavități identice, dimensiunile anodului trebuie să satisfacă condițiile :

$$d_a \leq 0,3 \lambda,$$

$$l_a \leq 0,3 \lambda,$$

λ fiind lungimea de undă a oscilațiilor de înaltă frecvență.

O importanță deosebită pentru funcționarea magnetronului o are dimensionarea cavității rezonante a blocului anodic (fig. 2).

Blocul anodic conține un număr par de cavități rezonante dispuse simetric în jurul catodului formînd sistemul rezonant al magnetronului.

În figura 3 se prezintă un segment din blocul anodic al unui magnetron cu inele de scurt-circuitare pentru stabilizarea frecvenței de oscilație.

Circuitul echivalent al unui rezonator pentru cazul modului π de oscilație la blocul anodic din figura 3 este prezentat în figura 4.

Între dimensiunile cavității și elementele circuitului echivalent există relațiile :

$$C_s = \epsilon_0 \left(\frac{t^2 + 2st}{b} + \frac{2 r_s 2s + 2t + 2b}{N b} \right), \quad (24)$$

$$C_r = C'_r + C_f, \quad (25)$$

$$C'_r = \epsilon_0 \frac{N \cdot h}{\pi} \frac{r_v - r_0}{r_v + r_0}, \quad (26)$$

$$C_f = \frac{h \epsilon_0}{\pi} \left(1 + \ln \frac{4}{\pi \mu} \right). \quad (27)$$

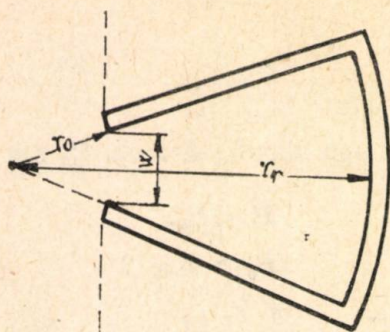


Fig. 2. Cavitățile rezonante ale blocului anodic.

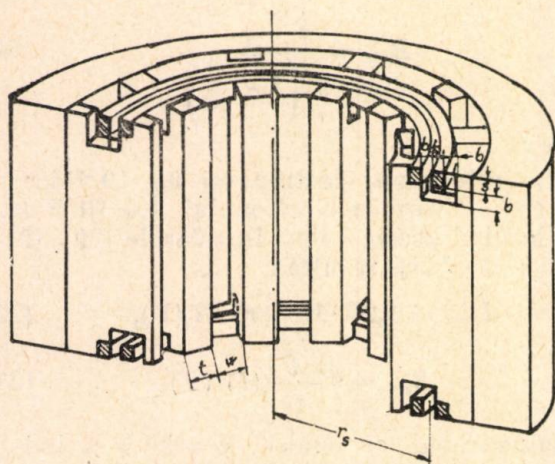


Fig. 3. Segment din blocul anodic.

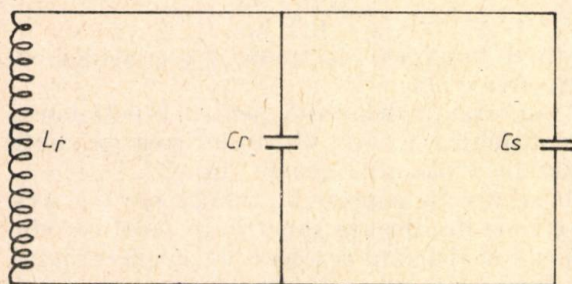


Fig. 4. Circuitul rezonator al unui rezonator: \$L_r\$ — inductanța rezonatorului; \$C_r\$ — capacitatea rezonatorului + capacitatea marginală; \$C_s\$ — capacitatea benzii.

Pe de altă parte :

$$Q_r = 2 \frac{A}{\delta p}, \quad (28)$$

unde :

- \$A\$ — este aria secțiunii transversale a rezonatorului;
 \$P\$ — perimetrul rezonatorului;
 \$\delta\$ — adâncimea;

$$Q_s = \frac{h}{\delta}; \quad (29)$$

$$\frac{l}{Q_u} = \frac{l}{Q_r} \sqrt{\frac{C_r}{C_T}} + \frac{1}{2Q_s} \cdot \frac{C_s}{C_T}. \quad (30)$$

Unde :

$$C_T = C_r + C_s.$$

Randamentul magnetronului este dat de relația :

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_r + Q_s}. \quad (31)$$

Pe de altă parte, conform [2] randamentul electronic al magnetronului este dat de relația :

$$\eta_e = 1 - \frac{Ua}{Ua_{cr}} \cdot \frac{B_0 c_r}{B_0}. \quad (32)$$

Pornind de la relațiile (18), (22), (23) și (32) rezultă posibilitatea optimizării construcției blocului anodic în vederea obținerii unui randament electronic maxim.

Ținând seama de faptul că :

$$\sigma = 0,85 - \frac{3,83}{N} \geq 0, \quad (33)$$

rezultă :

$$N \geq 6$$

$$0,21 \leq \sigma < 0,85.$$

Introducând în relația (32) expresiile date de relațiile (18), (20) și (21) rezultă :

$$\sigma = 1 - 5,2 \cdot 10^{-4} \frac{\sigma^{3/2}}{(1 - \sigma)^{3/2} (1 + \sigma)^3 N^{3/2} B^{3/2}}. \quad (34)$$

Pentru un magnetron la care se stabilește :

$$B = 12,$$

$$B_0 = 0,14 \text{ T},$$

rezultă :

$$\sigma = 1 - 0,22 \cdot 10^{-3} \frac{\sigma^{3/2}}{(1 + \sigma)^3 (1 - \sigma)^{3/2}}. \quad (35)$$

Reprezentarea grafică a relației (35) ne conduce la curba din figura 5. Din considerente de ordin constructiv distanța dintre anod și catod nu poate fi foarte mică, deci nu se pot obține randamente electronice peste 95%.

Așa de exemplu, literatura recomandă ca pentru magnetronul cu \$N = 12\$ să se ia \$\sigma = 0,5\$. În această situație se ajunge la un randament electronic teoretic de 93,5%.

1.3. Proiectarea circuitului de ieșire

Circuitul de ieșire are rolul de a transfera energia de foarte înaltă frecvență generată de tub circuitului de sarcină.

Analiza modelelor străine de magnetroane cu emisie continuă și literatura de specialitate evidențiază două soluții pentru circuitul de ieșire, respectiv ieșire coaxială, și ieșirea radială.

Indiferent de soluția aleasă, ieșirea trebuie să asigure :

- transformarea impedanței de sarcină la nivelul dorit în interiorul tubului;
- etanșarea la vid;

— transmiterea puterii generate de magnetron.

Din punct de vedere teoretic problema este tratată detaliat în [2].

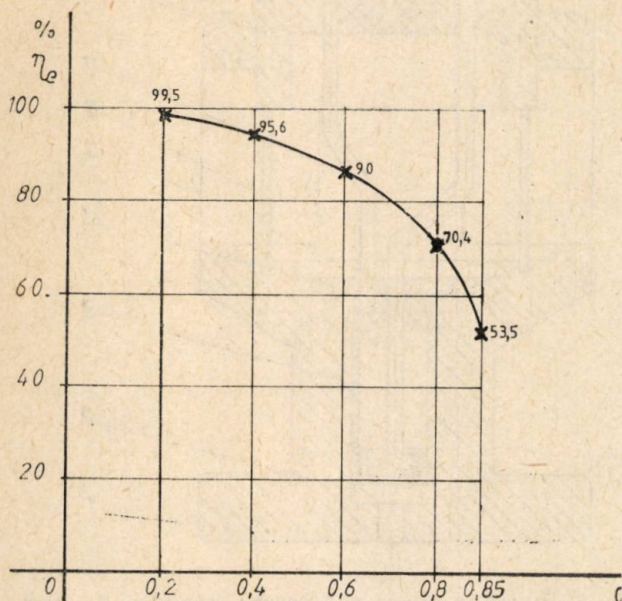


Fig. 5. Variația randamentului electronic.

Constructiv, circuitul de ieșire constă dintr-un conductor tip bandă care la capătul interior are o buclă sau bandă de cuplaj cu rezonatorul, iar capătul de ieșire se conectează la căpăcelul metalic de etanșare și un izolator cilindric dintr-un material transparent la microunde care reprezintă așa-numita fereastră.

Pentru dimensionarea circuitului de ieșire se pornește de la lungimea de undă a oscilațiilor emise de magnetron și de la puterea acestuia.

Lungimea conductorului circuitului de ieșire trebuie să satisfacă relația :

$$l_c = n \frac{\lambda}{4}, \quad (36)$$

$$n = 1, 2, \dots,$$

λ — lungimea de undă.

1.4. Proiectarea circuitului magnetic

Circuitul magnetic al magnetronului trebuie să se caracterizeze, prin greutate redusă, stabilitatea valorii, inducție în interiorul magnetronului, o configurație corespunzătoare pentru asigurarea unei funcționări eficiente.

Circuitul magnetic poate fi realizat fie prin utilizarea magneților permanenți, fie a electromagneților.

La magnetronurile cu emisie continuă de putere mică utilizate îndeosebi la echiparea cupatoarelor cu microunde destinate bucătărilor casnice, se folosesc cu precădere magneți permanenți.

Forma și dimensiunile magnetului depind de construcția magnetronului.

Dimensiunile secțiunii transversale a magnetului trebuie să asigure inducția necesară în spațiul de interacțiune.

Utilizarea electromagneților oferă avantajul reglării continue a puterii generate de magnetron, lucru deosebit de important în aplicații industriale.

Această soluție se impune și în etapa de încercare a magnetronurilor noi pentru determinarea valorilor optime ale tensiunii anodice și inducției magnetice.

Ultimele tipuri de magnetronuri de mică putere fabricate în Japonia au o construcție deosebit de simplă a circuitului magnetic.

La aceste tipuri polii magnetici sînt reprezentați de piesele de închidere a blocului anodic.

2. Construcția magnetronului

Tehnologia de realizarea a magnetronurilor pune probleme deosebite atît din punct de vedere al caracteristicilor utilajelor, cit și al condițiilor de lucru.

Pe baza analizei soluțiilor utilizate de unii producători de magnetronuri și a posibilităților autorii au elaborat o tehnologie adecvată condițiilor existente în institut.

Tehnologia a fost verificată la realizarea unui magnetron cu puterea la ieșire de 1 000 W.

2.1. Construcția blocului anodic

Pentru realizarea blocului anodic s-au experimentat două soluții tehnologice ; respectiv realizarea cavităților rezonante prin electroeroziune cu program pe calculator și prin brazare.

Prima variantă se pretează în cazul unei producții relativ reduse.

Pentru varianta de realizare a cavităților rezonante prin brazare sau folosit un dispozitiv de poziționare a lamelor de cupru ca cel prezentat în figura 6.

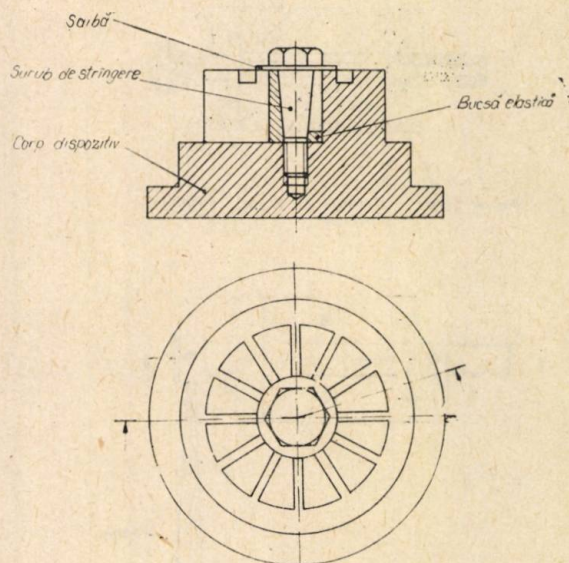


Fig. 6. Dispozitiv de poziționare a lamelor de cupru pentru realizarea cavităților rezonante prin brazare.

2.2. Construcția catodului

Catodul magnetronului menționat (fig. 7) conține filamentul din sîrmă de wolfram, căile de curent și inelele de contact din molibden.

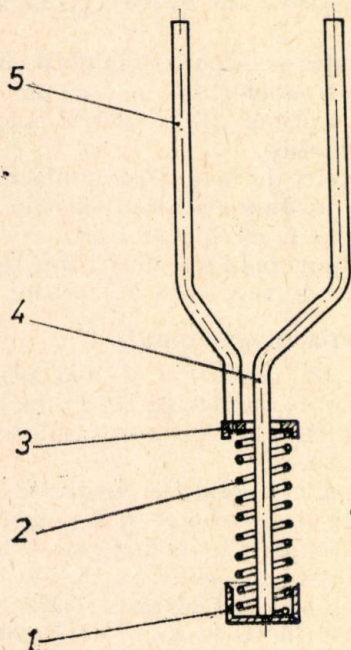


Fig. 7. Catodul magnetronului de 1000 W: 1 — capac filament; 2 — filament; 3 — inel filament; 4 — cale curent I; 5 — cale curent II.

Spiralizarea filamentului a fost făcută utilizînd un dispozitiv adecvat (fig. 8).

Legătura electrică a filamentului la piesele de contact și căile de curent a fost realizată prin sudură cu microplasmă utilizînd dispozitivul din figura 9.

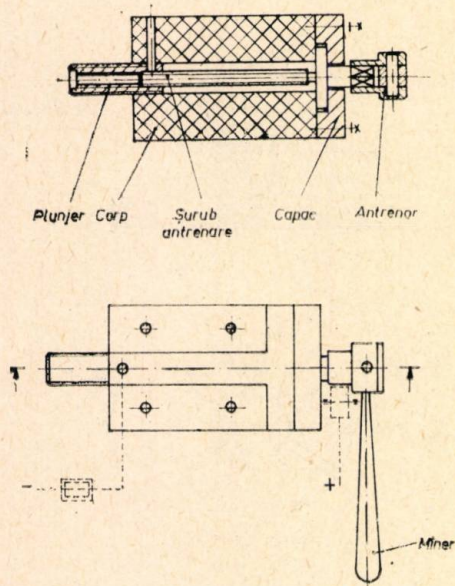


Fig. 8. Dispozitiv pentru spiralizarea filamentului.

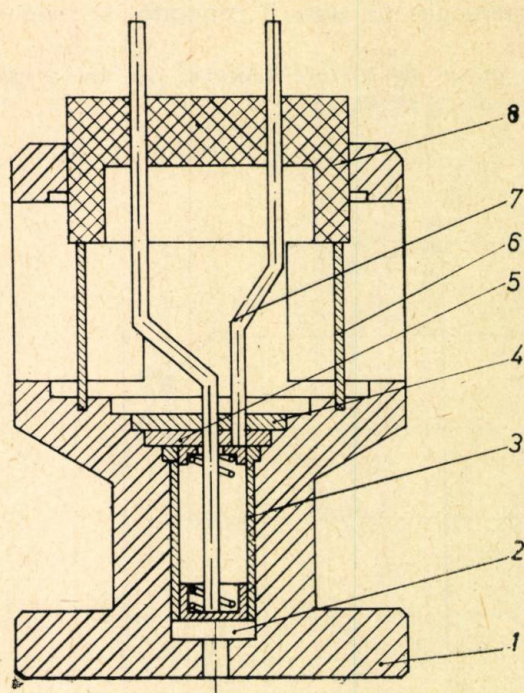


Fig. 9. Dispozitiv pentru poziționarea catodului: 1 — corp susținere; 2 — piesă susținere; 3 — bucsă specială; 4 — piesă poziționare I; 5 — piesă poziționare II; 6 — inel I; 7 — sub-ansamblu catod; 8 — piesă ceramică.

2.3. Circuitul de ieșire

Pentru extragerea puterii generate de magnetron s-a realizat un circuit de ieșire axială constînd dintr-o bandă de cupru brazată la cele două lamele ale cavității rezonante, celălalt capăt fiind conectat la căpăcelul de cupru.

Fereastra de microunde este realizată din inel de ceramică superluminoasă.

2.4. Închiderea magnetronului

Pentru închiderea magnetronului s-au folosit treceri metal-ceramică realizate pe baza unei rețete proprii prin încălzire în cuptor cu atmosferă controlată.

2.5. Vidarea

Vidarea magnetronului a fost realizată pe o instalație adecvată care asigură, simultan cu obținerea unui vid înaintat (10^{-8} tone), și degazarea materialelor din construcția magnetronului.

După realizarea vidului necesar s-a trecut la verificarea menținerii acestuia, utilizînd o instalație adecvată.

Închiderea finală a magnetronului s-a făcut prin sertizare, utilizînd un clește realizat în mod special pentru această operație.

3. Încercarea magnetronului

Problema este deosebit de importantă și presupune o dotare corespunzătoare.

Caracteristicile electrice și metodele de măsurare sînt prezentate în [6] și [7]. Pentru determinarea caracteristicilor funcționale de bază

ale magnetronului realizat (puterea în înaltă frecvență și frecvența oscilațiilor) am utilizat un stand conform fig. 10.

sens s-a ales o soluție care a condus la o construcție robustă și la obținerea unor performanțe funcționale superioare.

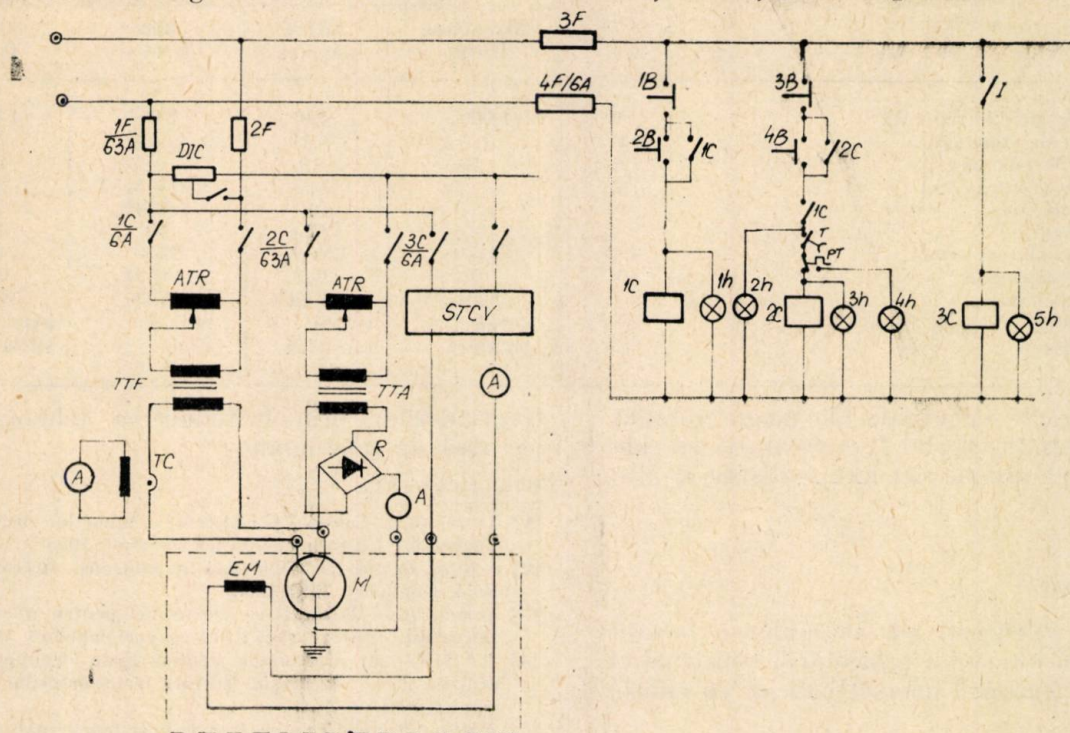


Fig. 10. Stand pentru determinarea caracteristicilor funcționale ale magnetronului: F—siguranțe fuzibile; C—contor; ATR—autotransformator; TTF—transformator pentru filament; TTA—transformator pentru tensiune anodică; A—ampermetru; TC—traductor de curent; R—redresor; STCV—sursă de tensiune continuă variabilă; EM—electromagnet; DEC—dispozitiv electronic de comandă; T—temporizator; PT—protecție termică; B—buton de acționare; I—întreruptor; h—lampă de semnalizare.

Standul permite variația în limite largi a tensiunii de filament, a tensiunii anodice și a inducției magnetice.

Puterea medie de ieșire în radiofrecvență se determină în condițiile ca sarcina magnetronului să o constituie o cantitate de apă care se încălzește fără pierderi calorice de la temperatura t_1 la temperatura t_2 într-un timp T în incinta de încălzire.

În această situație puterea se calculează cu relația:

$$P = 4,186(t_2 - t_1) \frac{V}{T}, \quad (37)$$

unde:

- t_1 este temperatura apei la intrare, °C;
- t_2 — temperatura apei la ieșire, °C;
- V — volumul apei, cm^3 ;
- T — timpul de funcționare a magnetronului.

4. Magnetronul de 1000 W realizat la ICPE București

Vederea generală a magnetronului este prezentată în figura 11.

Autorii au desfășurat o activitate laborioasă pentru realizarea unui magnetron de putere medie, apt pentru a fi utilizat cu rezultate bune la echiparea cuptoarelor cu microunde. În acest

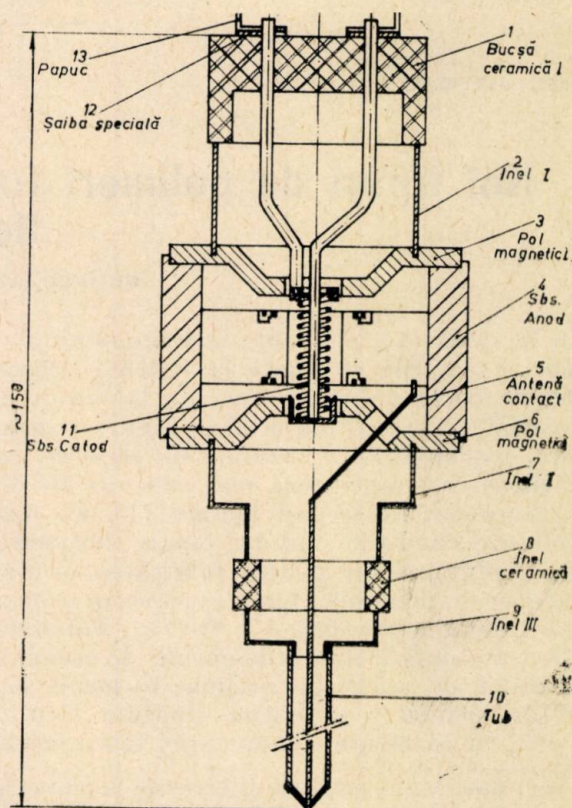


Fig. 11. Magnetronul realizat de ICPE.

Tabelul 1

Caracteristicile magnetronului realizat de ICPE

Caracteristica	U/M	VALORI PENTRU			
		Magnetron ICPE	2M161 Japonia	M89 URSS	MC07 RPP
Puterea în înaltă frecvență	W	1 000	840	1 000	1 700
Tensiunea de filament	V	4,5	3,15	3,4...4,6	3,2
Curentul de filament	A	13	10	12...22	14
Tensiunea anodică	kV	3	4,5	3,07÷3,53	3,8
Curentul anodic	A	0,5	0,3	0,45	0,3
Eficiența	%	67	62	64	62
Frecvența microundelor	MHz	2450	2450	2450	2450
Inducția magnetică	T	0,2	0,2	0,21	0,2
Tipul catodului		WTh	WTh	WTh	WTh
Tipul ieșirii		axială	axială	radială	axială
Tipul izolației		ceramică	ceramică	sticlă	sticlă

Caracteristicile principale ale magnetronului sînt prezentate în tabelul 1, comparativ cu cele ale unor magnetroane similare realizate în alte țări.

5. Concluzii

În ICPE București s-a acumulat o bogată experiență în domeniul proiectării, construcției și realizării încercării magnetroanelor cu emisie continuă.

Rezultatele obținute pînă în prezent sînt încurajatoare și justifică intensificarea preocupărilor în acest domeniu cu implicații deosebite asupra programelor de modernizare a în-

treprinderilor prin introducerea tehnologiilor pe bază de microunde.

Bibliografie

- [1] Tarev, B.M. Calculul și construcția tuburilor electronice. București; Editura energetică de stat 1955.
- [2] Collins, George B. Microwave magnetrons. McGraw-Hill Book Company INC 1948.
- [3] Sandu, D.D. Dispozitive electronice pentru microunde. București, Editura științifică și enciclopedică 1982.
- [4] * * * Tuburi electronice pentru unde decimetrice și centimetrice. București, Editura transporturilor și telecomunicațiilor, 1962.
- [5] Rulea, Gheorghe. Tehnica frecvențelor foarte înalte. București, Editura didactică și pedagogică 1973.
- [6] CEI Publicația 235. Măsurarea caracteristicilor electrice ale tuburilor pentru microunde.
- [7] * * * Manualul inginerului electronist. București, Editura Tehnică, 1979.

CZ 621.3.048 : 67/68

IZOLAȚII FLEXIBILE
POLIMERI
TEHNOLOGII

Noi tipuri de polimeri folosiți în fabricația de izolații flexibile

GRIGORE NICOLA* — BUCUREȘTI

În lucrarea [1], publicată anterior, s-au prezentat cercetările efectuate la ICME — București, de către autor, în fază de laborator și industrial, în scopul obținerii de lacuri de acoperire, pentru izolații flexibile de clasă F, cu un indice de temperatură mai mare de 155°C. De asemenea, în aceeași lucrare [1], au fost prezentate condițiile optime pentru obținerea poliesterului necesar pentru fabricarea lacului de acoperire, denumit „Lac de acoperire pentru izolații flexibile de clasă F” **-C-72. Totodată au fost prezentate condițiile optime de uscare a țesăturilor de sticlă pe mașina de lăcuit tip IMPLA, pentru a se obține țesătură lăcuită tip 463, cu excelente caracteristici fizico-meca-

nice și electrice. În lucrarea [1] au mai fost expuse formulele chimice ale tuturor substanțelor monomere folosite în sinteza de laborator, precum și unele reacții principale ce apar în timpul sintezei de laborator. În lucrările [1, 2] au fost definite izolațiile flexibile și condițiile tehnice pe care acestea trebuie să le îndeplinească pentru ca izolația să fie de clasă F (155)°.

Nu se revine asupra lor, deoarece în lucrările [2, 3], au fost prezentate lacurile și polimerii utilizați pentru obținerea de izolații flexibile de clasă F.

1. Studii privind comportarea izolației flexibile tip 463 la solicitări termice

Studiile de laborator au ca scop final de a da informații tehnice atît proiectantului, cît și

* Ing. Nicola, Gr. — Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică — ICPE — București.

constructorului de mașini electrice, asupra comportării izolației flexibile, tip 463, la temperaturi ridicate [4]. Conform lucrării [4], a fost aleasă temperatura de 200°C întrucât izolațiile flexibile de clasă F sint folosite în construcția mașinilor electrice, la care apar solicitări termice și electrice în timpul funcționării, care, uneori, pot să conducă la scoaterea din funcțiune a mașinii respective. Pentru evitarea acestui neajuns este necesar ca atât proiectantul, cât și constructorul de mașini electrice să cunoască comportarea izolației flexibile la temperaturi ridicate, temperaturi ce se pot atinge uneori în bobinajul mașinii electrice.

Cunoscându-se comportarea izolației flexibile la temperaturi ridicate se poate alege cu ușurință lacul de impregnare compatibil cu izolația flexibilă de clasă F (cu un indice de temperatură minim, de 155°C).

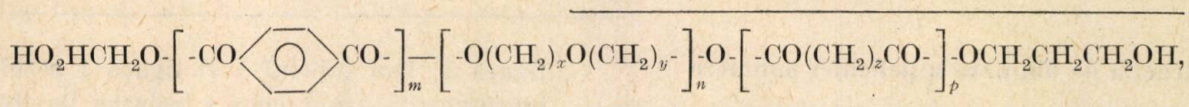
Pentru verificarea compatibilității izolației flexibile cu lacul de impregnare de clasă F, izolația flexibilă se va impregna și usca în condițiile specifice lacului de impregnare. După impregnare proprietățile fizico-mecanice și electrice ale izolației flexibile nu trebuie să se modifice, deoarece orice modificare impune folosirea altui lac de impregnare, cauza modificării fiind incompatibilitatea lacului cu izolația flexibilă.

Studiile efectuate pe țesătura de sticlă pot servi ca model pentru cercetarea compatibilității țesăturii de sticlă tip 463 cu un lac de impregnare specific. Pentru verificarea comportării la temperaturi înalte s-a ales țesătură de sticlă tip 463, lăcuită, din fabricația curentă ICME, obținută prin lăcuire cu LANTIF-C-72.

Lacul folosit pentru lăcuirea țesăturilor de sticlă tip 463, a avut caracteristici similare celui elaborat de autor și prezentat în lucrarea [1] și anume:

- viscozitatea, la temperatura de 20°C
cupa $\varnothing=4$ mm, s 13,5
- conținutul în substanțe nevolatile,
% 33,5
- timp de uscare la temperatura de 130°C
pe țesătură de sticlă, grosime
0,06 mm, min 10.

În această fază principală poliesterul, componenta principală reactivă a lacului de acoperire C-72, are următoarea structură chimică probabilă:



Formula 1

Așa cum rezultă din cele arătate mai înainte formula 1 reprezintă structura poliesterului din

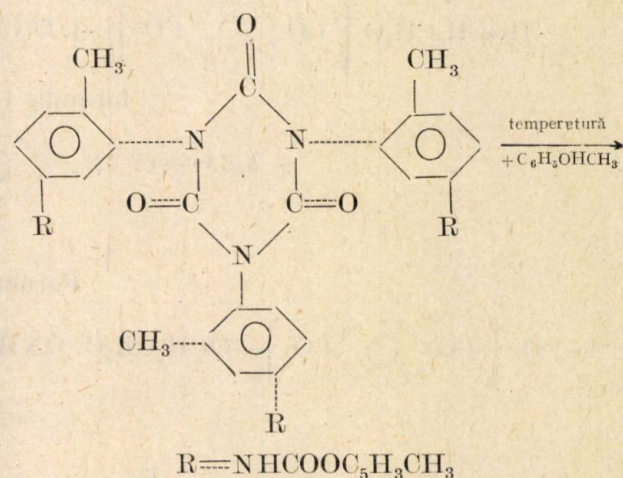
soluție, înainte de a fi supus uscării pe mașina de lăcuit, în care;

— m, n, p . . . reprezintă numărul de unități fundamentale monomere prezente în poliester;

— x, y, z . . . reprezintă numărul de grupări metilenice prezente în unitățile fundamentale monomere.

Ca suport pentru fabricarea izolației flexibile de clasă F, tip 463, s-a folosit țesătură de sticlă cu o grosime de 0,14 mm, cu caracteristici corespunzătoare CTM 10-80 (normă de materii prime ICME). S-a ales această grosime de suport în scopul realizării unei grosimi a izolației corespunzătoare scopului urmărit de această lucrare. Uscarea lacului de acoperire s-a făcut în condiții similare celor prezentate în lucrarea [1]. În timpul uscării lacului polimer, prezent în soluție, pe suport, în mașina de uscare, apar o serie de reacții dintre care reacția principală este între poliester, cu formula generală 1 și diizocianatul liber, prezent în soluție, rezultat prin descompunerea trimerului, polimer. Cele mai importante reacții care apar în soluție sint următoarele două:

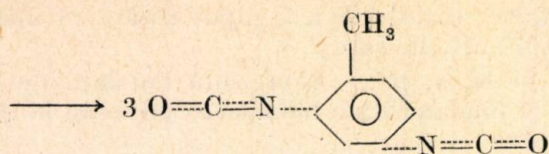
— descompunerea toluilen-2, diizocianat-4, tolilcarbonat cunoscut sub denumirea comercială de „Desmodur CT” cu formula chimică 9, din lucrarea [1]. Descompunerea trimerului are loc pe mașină, la o temperatură mai mare de 130°C, în monomerul liber, diizocianat*, conform reacției 1:



toluilen-2, diizocianat-4, tolilcarbonat.

Formula 2

* tolulendii zocianat



toluilen-diizocianat

Formula 3

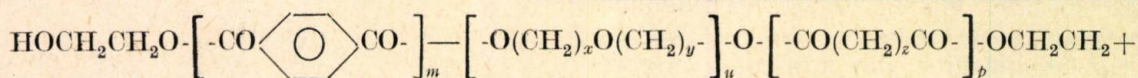
Reacția 1

Reacția de descompunere a toluilen-2 diizocianat în tolulendiizocianat

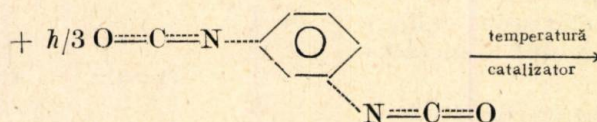
Așa cum rezultă din reacție apare tolulien diizocianat liber și crezol. Crezolul se elimină în atmosferă, cu gazele ce formează solventul lacului de acoperire.

Reacția poliesterului cu tolulendiizocianatul

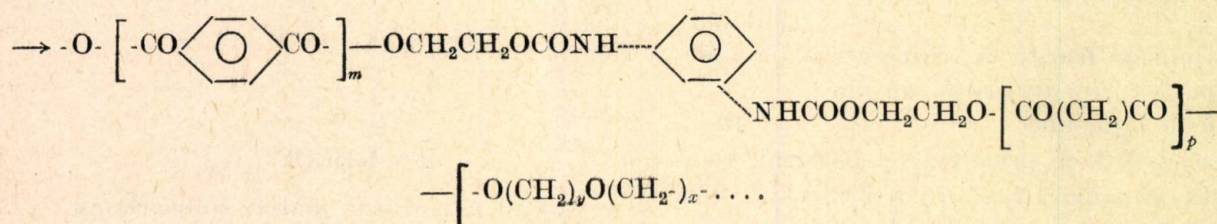
Aceasta este cea de a doua reacție principală care apare în continuare pe suport, în timpul uscării izolației flexibile, pe mașină. După descompunere, tolulendiizocianatul reacționează cu poliesterul, rezultat după evaporarea solventului lacului C-72. Reacția între poliester și diizocianat are loc, pe suport, în cuptoarele mașinii de lăcuit, după evaporarea solventului lacului. Diizocianatul reacționează cu grupele hidroxilice prezente la capetele terminale ale poliesterului. Reacția finală, care apare pe suport este următoarea:



formula 1



Formula 3



Formula 4

Reacția 2

În tabelul 1 sint prezentate principalele caracteristici ale țesăturii lăcuite tip 463, țesătură ce corespunde, integral, caracteristicilor impuse în NID 3299-74. Din tabel rezultă că proprietățile fizico-mecanice și electrice, determinate pe izolație neîndoită, cit și după îndoire la 180°C și apăsare cu un cilindru avînd diametrul de 50 mm și o greutate de 2 000 g, au valori de circa 2...3 ori față de acelea impuse în NID 3299-74.

În prezent există tendința de reducere a gabaritului mașinilor electrice și, deci, în mod implicit reducerea grosimii izolației.

Și totuși, pentru a se verifica comportarea izolației flexibile la temperaturi ridicate, s-a ales ca grosime standard, grosimea de 0,20 mm. Această grosime de izolație s-a ales pentru considerentul că pelicula polimeră este mult mai mare decît a celei prezentată în lucrarea [1], iar flexibilitatea este mult mai mică decît aceea a izolației de 0,10 mm [1].

Pentru verificarea comportării la temperaturi înalte s-au tăiat bucățele din țesătura executată pe mașina de lăcuit, cu dimensiunile de 200 × 300 mm. Această țesătură a avut caracteristicile prezentate în tabelul 1. Bucățelele de țesătură lăcuită s-au introdus într-o etuvă ventilată și s-au menținut la această temperatură timp de 2 000 ore. Variația tensiunii de străpungere în funcție de timpul de menținere la temperatura de 200 C este prezentată în

Reacția de obținere a peliculei polimere

Așa cum rezultă din reacție, pelicula polimeră obținută are o structură liniară. Această structură este demonstrată prin înalta flexibilitate a peliculei polimere, prezente pe țesătura de sticlă.

figura 1. Din tabelul 1 și figura 1 rezultă că tensiunea de străpungere a izolației flexibile, în stare neîdoită, crește și atinge o valoare maximă de 15,5 kV, după 120 ore, iar apoi scade lent, atingînd valoarea inițială, adică timpul zero, după 450 ore. Continuîndu-se însă trata-

Tabelul 1

Principalele caracteristici ale țesăturii de sticlă lăcuită tip 463

Nr. crt.	Denumirea caracteristicii	Valori obținute	Impus în NID 2299-74
1	Tensiunea de străpungere, kV		
	— la temperatura camerei		
	— în stare inițială	12,1	min 6
	— după îndoire la 180°C*	6,4	min 3
	— după menținere 6 zile la 200°C		
	— în stare inițială	13,5	—
	— după îndoire la 180°C*	1,3	—
2	Sarcina la rupere, kgf/cm		
	— la temperatura camerei		
	— în stare inițială		
	— longitudinal	32,7	min 12
	— transversal	23,3	min 16
	— după îndoire la 180°C*		
	— longitudinal	28,5	—
	— transversal	21,7	—
	— după menținere 6 zile la 200°C		
	— în stare neîndoită		
	— longitudinal	21,7	—
	— transversal	22,6	—
3	Alungirea la rupere, %		
	— la temperatura camerei		
	— în stare inițială		
	— longitudinal	18,7	min 3
	— transversal	7,9	min 3
	— după îndoire la 180°C*		
	— longitudinal	15,3	—
	— transversal	5,9	—
	— după menținere 6 zile la 200°C		
	— în stare neîndoită		
	— longitudinal	11,4	—
	— transversal	5,7	—

* Îndoit și apăsător cu un cilindru $\varnothing = 50$ mm și o greutate de 2 000 g.

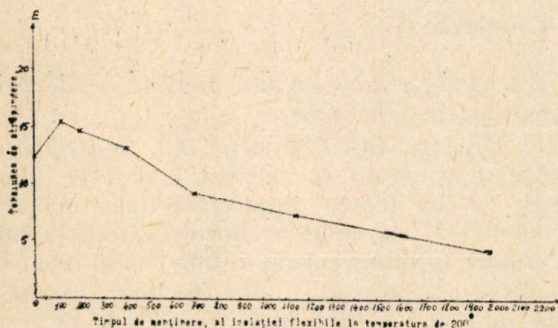


Fig. 1. Variația tensiunii de străpungere a izolației flexibile tip 463 în funcție de timpul de menținere la temperatura de 200°C.

mentul termic este atinsă valoarea minimă admisă, după 1 500 ore.

Alta este însă situația cu tensiunea de străpungere după îndoire la 180°C și apăsarea cu dorn. Astfel, tensiunea de străpungere după îndoire și apăsare scade de la valoarea inițială, în stare îndoită, de 6,4 kV, la o valoare de minimum 1,3 kV, după tratarea termică a izola-

ției flexibile timp de 144 ore. Pierderea rapidă a flexibilității peliculei polimere a izolației flexibile se explică prin faptul că în pelicula polimeră apar noi legături, care conduc la o struc-

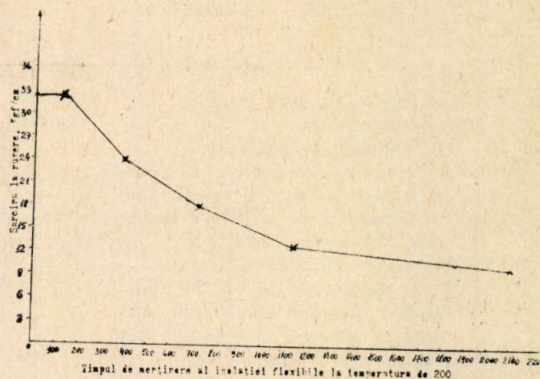


Fig. 2. Variația sarcinii la rupere a izolației flexibile tip 463 în funcție de timpul de menținere la temperatura de 200°C.

tură a polimerului, în rețea tridimensională, structură care este desăvârșită în primele 6 zile de tratament termic. În figura 2 se prezintă variația sarcinii la rupere a izolației flexibile în funcție de timpul de menținere la temperatura de 200°C.

Din tabelul 1 și figura 2 rezultă că sarcina la rupere a izolației flexibile, tip 463, atât în direcția longitudinală, cât și în direcția transversală, are o valoare de circa 3 ori mai mare decât cea impusă în norma produsului. După îndoire la 180°C și apăsare cu un cilindru cu un diametru de 50 mm și o greutate de 2 000 g valoarea sarcinii la rupere se modifică foarte puțin, ceea ce explică faptul că polimerul folosit pentru lăcuirea țesăturii de sticlă are o structură liniară, similară celei prezentată în formula 4.

Prin condiționarea la temperatura de 200°C, timp de 144 ore, valoarea sarcinii la rupere nu se modifică decât foarte puțin și, deci, nu crește ca tensiunea de străpungere. Alungirea la rupere are o valoare de circa 6 ori mai mare decât cea impusă în norma produsului, ceea ce explică înalta flexibilitate a peliculei polimere, folosită la lăcuirea izolației flexibile.

Analizând figura 2 rezultă că, valoarea sarcinii la rupere rămâne practic constantă timp de 144 de ore, după care începe să scadă lent și atinge valoarea minimă impusă de normă după 1 500 ore, și deci rezultă că atât valoarea tensiunii la străpungere inițială, cât și a sarcinii la rupere au fost corect alese.

2. Comportarea la umiditate a izolației flexibile tip 463

Efectuarea încercărilor la umiditate a izolației flexibile tip 463, a avut ca scop să informeze atât pe constructorul cit și pe proiectantul de

Tabelul 2

Proprietățile izolației flexibile tip 463 în timpul menținerii în apă

Nr. crt.	Denumirea caracteristicii	Valori obținute
1	Tensiunea de străpungere, kV.	
	— în stare neîndoită	12,2
	— la temperatura camerei	11,8
	— după menținere 24 ore în apă	2,7
	— după menținere 120 ore în apă	1,6
	— după menținere 1350 ore în apă	
	— în stare îndoită la 180°C*	
	— la temperatura camerei	6,1
	— după menținere 24 ore în apă	5,8
	— după menținere 120 ore în apă	1,4
	— după menținere 1350 ore în apă	1,1
2	Sarcina la rupere, kgf/cm	
	— în stare neîndoită	32,7
	— la temperatura camerei	31,8
	— după menținere 24 ore în apă	15,3
	— după menținere 120 ore în apă	12,6
	— după menținere 1350 ore în apă	
	— în stare îndoită și apăsat cu cilindru	28,5
	— inițial la temperatura camerei	26,7
	— după menținere 24 ore în apă	12,6
	— după menținere 120 ore în apă	10,8
	— după menținere 1350 ore în apă	
3	Alungirea la rupere, %	
	— în stare neîndoită	18,6
	— la temperatura camerei	17,7
	— după menținere 24 ore în apă	13,4
	— după menținere 120 ore în apă	10,9
	— după menținere 1350 ore în apă	
	— în stare îndoită *	
	— la temperatura camerei	15,6
	— după menținere 24 ore în apă	14,8
	— după menținere 120 ore în apă	10,6
	— după menținere 1350 ore în apă	9,5

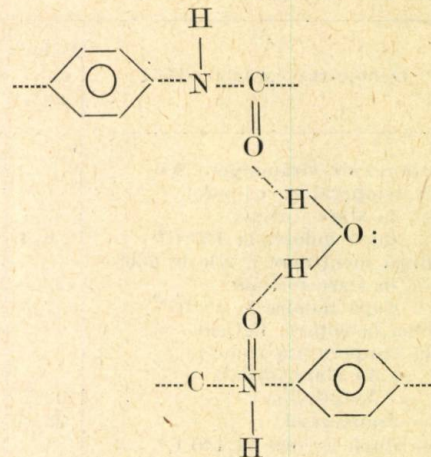
* Îndoit la 180°C și apăsat cu un cilindru cu $\varnothing = 50$ mm și o greutate de 2 000 g.

mașini electrice asupra comportării la umiditate a acestui tip de izolație flexibilă timp de 56 de zile. Pentru încercare s-au folosit bucăți de țesătură de sticlă lăcuită, cu dimensiunile similare celor prezentate la comportarea la temperatura de 200°C. Probele astfel pregătite s-au introdus într-o baie de apă și s-au menținut timp de 24 ore, 120 de ore, și 1 350 ore. Rezultatele obținute sînt prezentate în tabelul 2. Analizînd aceste rezultate se constată următoarele:

— după menținere 24 ore în baia de apă valorile tensiunii de străpungere nu se modifică decît foarte puțin, ceea ce indică faptul că pelicula polimeră este corespunzătoare scopului urmărit.

După menținere în apă timp mai îndelungat, datorită absorbției de apă în pelicula polimeră

se formează legături de hidrogen ca în formula 5.



Formula 5

Din tabelul 2 rezultă că proprietățile mecanice și electrice ale izolației flexibile tip 463 scad în primele 5 zile, după care, rămîn practic constante pînă la sfîrșitul expunerii. Astfel, tensiunea de străpungere, în stare neîndoită, scade de la 12,2 kV la 2,7 kV, după menținere timp de 120 ore și rămîne practic constantă pînă la sfîrșitul condiționării. Interesant este însă faptul că proprietățile mecanice se modifică mult mai puțin decît proprietățile electrice. Astfel, sarcina la rupere atît în direcția longitudinală, cît și transversal, rămîne practic corespunzătoare normei de produs, după menținere în apă distilată timp de 1 350 ore.

Concluzii

Din cele prezentate mai înainte se desprind următoarele concluzii:

— Izolația flexibilă tip 463, realizată de autor și fabricată în prezent la ICME—București, posedă înalte proprietăți fizico-mecanice și electrice, în condiții normale, cît și după expunere la temperatura de 200°C și se recomandă în construcția mașinilor electrice, cu un indice de temperatură mai mare de 155°C.

— Excelenta flexibilitate a produsului, dovedită prin înalte valori ale tensiunii de străpungere, sarcinii la rupere, după îndoire la 180°C, cît și înalte valori la alungirea la rupere, demonstrează că polimerul are structură liniară, similară formulei 4.

— Prin condiționarea la temperatura de 200°C, timp de 1 500 ore, tensiunea de străpungere și alungirea la rupere ajung la valoarea minimă impusă în norma produsului.

— Prezența metodei folosite pentru caracterizarea produsului se poate folosi pentru verificarea compatibilității izolațiilor flexibile cu lacu-

rile de impregnare noi, cit și cele folosite în prezent.

— Prin condiționarea la umiditate a izolației flexibile timp de 1 350 ore se constată că proprietățile electrice scad vertiginos după 120 ore și apoi se mențin constante până la terminarea condiționării produsului, absorbție de apă explicată prin formarea legăturilor de hidrogen cu oxigenul prezent în macromolecula polimeră.

Bibliografie

- [1] Nicola, Gr. Noi tipuri de polimeri folosiți în fabricația de izolații flexibile. In: Electrotehnica 32, nr. 6, 1984, p. 237.
- [2] Nicola, Gr. Clasificarea lacurilor electroizolante. In: Electrotehnica 34, nr. 1, 1986, p. 28.
- [3] Nicola, Gr. Contribuții la clasificarea polimerilor electroizolanți. In: Electrotehnica 35, nr. 6, 1987, p. 213.
- [4] Nicola, Gr. Noi tipuri de materiale stratificate electrotehnice, pentru clasă F. In: Materiale Plastice, vol. 12, nr. 1, 1975, p. 46.

CZ 621.316 : 621.313.047

AUTOMATE FINITE
CIRCUITE DE COMUTAȚIE

Proiectarea prin metoda simbolică a sintetizoarelor numerice de frecvență

L. DUMITRESCU și N. REUS* — IAȘI.

Sintetizoarele numerice de frecvențe permit generarea a n frecvențe de impulsuri, plecând de la semnalul generat de un oscilator pe cuarț. Ele sînt folosite în special în domeniul telecomenzilor și telecomunicațiilor.

Schema-bloc din figura 1 prezintă posibilitatea generală de sinteză a frecvențelor. Raportul x/y este un număr rațional, care exprimă divizarea cu y și multiplicarea de x ori a frecvenței f_i , generate de oscilator.

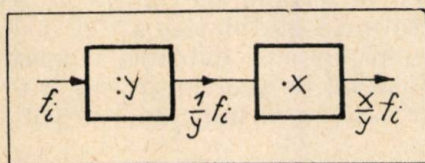


Fig. 1. Schema-bloc a sintetizorului numeric de frecvență.

Numerele x și y , în tehnica numerică, sînt întregi. Dacă $x = C^{st}$ și y variabil, se obține un sintetizor „hiperbolic”, cu ecart variabil între frecvențele generate. Dacă $y = C^{st}$ și x variabil, se obține un sintetizor „liniar”, cu ecart constant între frecvențe.

Posibilitatea divizării numerice a frecvenței este reprezentată în figura 2, din care rezultă:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{y} f_i.$$

Aplicarea metodei simbolice de sinteză [1] permite deducerea „dicționarului” de înscrisiere într-o memorie PROM a programului de ge-

nerare a celor n frecvențe. Acesta se deduc: folosind „raportul de stare” preliminar (fig. 3)e

$$RS = \frac{(x_n \dots x_0) u_k \dots u_0 t_i}{(X_n \dots X_0) T_m \dots T_0},$$

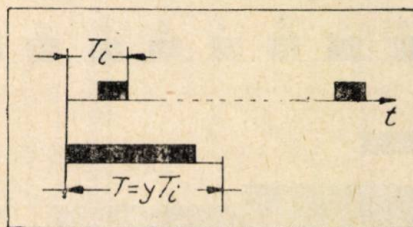


Fig. 2. Posibilitatea divizării numerice a frecvenței.

unde: $(X_n \dots X_0)$ și $(x_n \dots x_0)$ reprezintă variabilele de stare, de ieșire și secundare ale structurii logice secvențiale implementate în memoria PROM;

$u_k \dots u_0$ un număr de cod prin care sînt programate semnalele $T_m \dots T_0$, care corespund frecvențelor sintetizate, cu diverși factori de umplere.

Ca exemplu se consideră cazul simplu $n = 3$, $k = 0$ și $m = 1$, propunându-ne generarea frecvenței f_3 , pentru $u_0 = 0$, care corespunde la $y = 3$ și a frecvenței f_7 , pentru $u_0 = 1$, la care corespunde $y = 7$. Se alege arbitrar factorii de umplere $k_3 = 1/6$, pentru T_0 , $k_3 = 0,5$, pentru T_1 și $k_7 = 0,5$, pentru T_0 , respectiv $k_7 = 13/14$, pentru T_1 .

În figura 4 se prezintă diagramele temporale de impulsuri. Folosindu-le și considerînd raportul de stare preliminar aferent acestui caz:

$$RS = \frac{(x_3 \cdot x_2 x_1 x_0) u_0 t_i}{(X_3 \cdot X_2 X_1 X_0) T_1 T_0},$$

* ing. Dumitrescu, L., prof. dr. ing. Reus, N. — Institutul Poli tehnic — Iași.

$$\begin{aligned} &\rightarrow \frac{(12; 13)2}{(13)2} \xrightarrow{t_6} \frac{(13; 11)3}{(11)2} \rightarrow \frac{(11; 10)2}{(10)2} \xrightarrow{t_7} \\ &\rightarrow \frac{(10; 0)3}{(0)0} \rightarrow \dots \end{aligned}$$

Efectuind conversiile impuse de folosirea raportului de stare final:

$$RS = \frac{x_3 x_2 \cdot x_1 x_0 u_0 t_i}{X_3 X_2 \cdot X_1 X_0 T_1 T_0}$$

și scriind în ordine crescătoare „numerele de stare” aferente celor două secvențe, rapoartele fiind exprimate în cod hexagesimal, se obține următorul „dicționar” de înscriere a memoriei PROM:

00/1B;	01/00;	02/0B;	03/00;	08/1B;	9/1A;	0A/0B;
0B/1B;	10/10;	11/00;	12/13;	13/33;	14/10;	15/14;
16/13;	17/17;	18/1E;	19/1A;	1A/1F;	1B/1B;	1C/1E;
D/14;	1E/1F;	1F/17;	22/22;	23/00;	26/22;	27/26;
2A/2E;	2B/2A;	2E/2E;	2F/26;	32/37;	33/33;	36/37;
		37/3E;	3A/3A;	3B/2A;	3E/3A;	3F/3E.

Restul de adrese posibile pot apărea prin hazard în momentul alimentării structurii numerice. Pentru ele se prevede starea:

$$\frac{\text{intrare}}{(0)0} \rightarrow \frac{\text{intrare}}{00},$$

prin care se obligă inițializarea ciclului secvențial.

Se observă că, memoria având 8 ieșiri, este posibilă prevederea a încă două semnale de ieșire, cu frecvențele f_3 și f_7 , cu factori de umplere diferiți de cei prezentați în exemplul dat. Aceste ieșiri, eventual și ieșirea T_1 , pot fi folosite pentru adresarea memoriei cu încă 2, res

interne, prin care se pot genera $2^6 - 1 = 63$ frecvențe diferite.

Folosind o memorie de 2K (cu 12 biți de adresă) se pot sintetiza $2^5 - 1 = 31$ frecvențe.

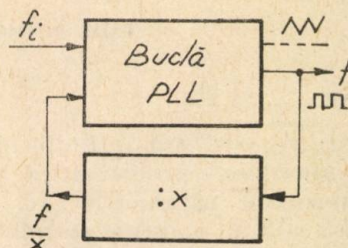


Fig. 7. Schema divizorului programabil.

Adresarea se face cu 1 bit pentru impulsurile t_i , 5 biți pentru codul frecvenței și 6 biți pentru stările interne.

Se consideră că exemplul dat permite cititorului să deducă posibilitățile care apar prin combinarea mai multor memorii PROM sau folosirea în alt mod a biților de adresă, de exemplu atacarea lor cu ieșirea unui numărator binar, resetat în starea care definește începerea unui nou ciclu de lucru printr-un bit de la ieșirea memoriei.

În figura 6 se prezintă schema sintetizorului dat ca exemplu mai sus.

Remarcabil este faptul că o memorie PROM, fără porți auxiliare, poate substitui un sintetizor de frecvențe.

Posibilitatea multiplicării frecvenței este oferită de bucla PLL. În acest caz (fig. 7), folosind un divizor programabil, sintetizat ca în exemplul de mai sus, putem genera frecvențe multiplu $f = x f_i$. Bucla PLL permite în plus obținerea semnalului cu formă de undă triunghiulară. El este disponibil la un pin al capsulei integrate.

Asocierea celor două posibilități permite generalizarea modului de proiectare a unui sintetizor de frecvențe, multipli raționali x/y ai frecvenței f_i . Modul de sinteză propus permite și programarea a diverși factori de umplere, cu posibilitatea generării simultane a semnalelor corespunzătoare.

Bibliografie

- [1] Reus, N. Tratatul simbolic al schemelor de comutație. București, Ed. Acad. R.S.R. 1971.
- [2] Huțanu, C. Circuite logice și comenzi secvențiale. Ed. Junimea Iași, 1983.
- [3] Alexandru, N. D. și Colae, P. Telegrafie și transmisiuni de date. Rotaprint I. P. Iași, 1987.

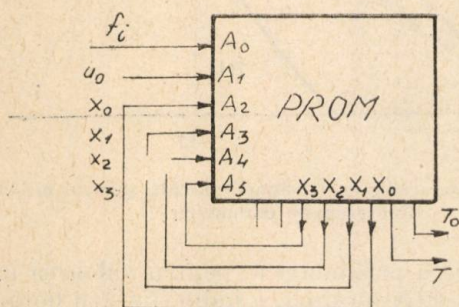


Fig. 6. Schema sintetizorului de frecvențe.

pectiv 3 biți. Astfel, pentru 8 ieșiri se pot folosi 7 biți de adresă, care definesc: $2^7 = 128$ stări

Studiul numeric al micromotorului ferorezonant parametric

EMIL SIMION, RADU MUNTEANU, VASILE TOPA *
— CLUJ-NAPOCA

Introducere

În literatura recentă sînt întîlnite mai multe lucrări care abordează problematica micromotorului ferorezonant parametric [1], [2], [8], [9], [12], însă studiul acestuia se referă numai la anumite situații particulare de funcționare. Din alt punct de vedere se amintește faptul că la baza acestor micromotoare stau circuite ferorezonante de tip serie sau paralel.

Lucrarea de față are ca obiect studiul unui nou tip de micromotor ferorezonant și parametric care poate funcționa în regim de levitație.

1. Principiul și funcționarea micromotorului

Schema de principiu a micromotorului ferorezonant parametric se prezintă în figura 1. Acesta este constituit din două circuite ferorezonante conectate la tensiunea alternativă U_a . Bobinele L_1 și L_2 sînt neliniare și parametrice, adică își modifică inductivitatea atît în funcție de valoarea curentului care le străbate (bobine neliniare), cit și în funcție de poziția armăturii mobile (M) (bobine parametrice). Inductivitatea bobinei L_1 scade odată cu creșterea coordonatei „ x ”, în timp ce inductivitatea L_2 crește odată cu creșterea coordonatei „ x ”.

Condensatoarele C conectate în serie cu bobinele neliniare L_1 și L_2 realizează, împreună cu

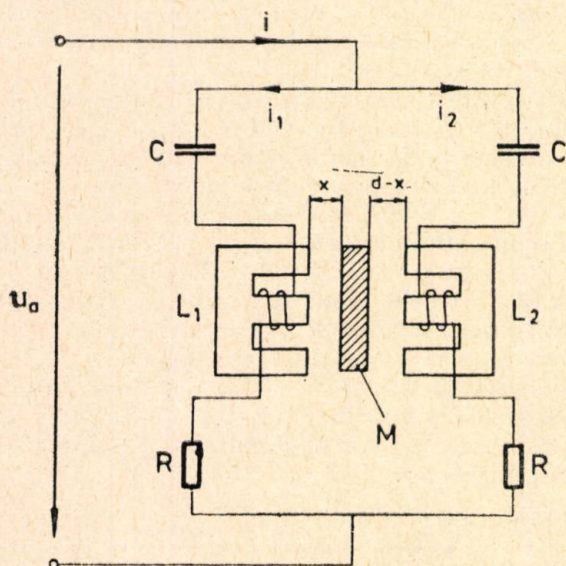


Fig. 1. Schema de principiu a micromotorului ferorezonant parametric.

* Prof. dr. ing. Simion, E., dr. ing. Munteanu, R. și ing. Popa, V. Institutul Politehnic — Cluj-Napoca.

bobinele neliniare, circuite ferorezonante de tip serie care în anumite condiții conduc la variația prin salt a valorilor efective ale curenților i_1 și i_2 . Rezistențele R , reprezintă rezistențele echivalente pierderilor prin efect Joule în circuite.

Pentru explicarea funcționării micromotorului ferorezonant parametric se pleacă de la ecuația circuitului ferorezonant:

$$U_a = RI + j(U_L - U_C), \quad (1)$$

care poate fi pusă sub forma echivalentă:

$$U_L = U_C \pm \sqrt{U_a^2 - R^2 I^2}. \quad (2)$$

Membrul drept al relației (2) reprezintă, în planul valorilor efective (U, I), o elipsă traslată după o dreaptă de pantă $1/\omega \cdot C$, elipsă care este reprezentată în figura 2 prin funcția $f(I)$. Punctul de funcționare al circuitului se va găsi la intersecția elipsei $f(I)$ cu caracteristicile neliniare $U_L(I)$, a bobinei L_1 respectiv L_2 . Curbele 1, 2 din figura 2, reprezintă curbele limită corespunzătoare ansamblului bobină neli-

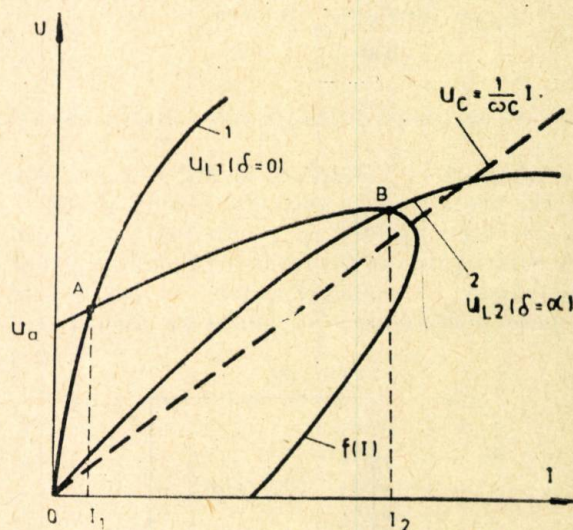


Fig. 2. Caracteristicile tensiune-curent, pentru circuitul ferorezonant parametric.

niară, bobină parametrică, pentru valoarea maximă, respectiv minimă, a inductivității bobinei parametrice (valoarea minimă, respectiv maximă, a întrefierului realizat între bobinele fixe și armătura mobilă M).

Presupunind că, inițial armătura mobilă M este lipită de bobina L_1 , ($\delta_1 = X = 0$) caracteristica $U_{L1}(I)$ corespunde curbei 1 din figura

2, iar caracteristica $U_{L_2}(I)$ a bobinei L_2 (întrefierul ei este maxim: $\delta_2 = d - x = d$) corespunde curbei 2 din figura 2. În această situație, punctele de funcționare ale celor două circuite ferorezonante sînt A și respectiv B (obținute prin intersecția elipsei $f(I)$, cu caracteristicile celor două bobine). Curentul prin bobina L_2 este I_2 , mult mai mare decît curentul I_1 prin bobina L_1 . Deoarece forța de atracție ce se exercită asupra armăturii mobile M este proporțională cu pătratul curentului, acest lucru va determina deplasarea armăturii către bobina L_2 . Această deplasare se va repeta periodic, punctele de funcționare ale circuitelor deplasindu-se pe arcul de elipsă AB .

Armătura mobilă a micromotorului oscilant ferorezonant parametric, are o mișcare oscilatorie numai în anumite condiții impuse tensiunii de alimentare, capacității condensatoarelor și inductivităților maxime și minime a celor două bobine neliniare-parametrice.

Pentru a se produce în circuit oscilații auto-parametrice ale sistemului mecanic (oscilații mecanice autointreținute) trebuie ca dreapta $U_c = (1/\omega C)I$ să fie situată sub curba limită 2.

3. Ecuațiile micromotorului ferorezonant parametric

Comportarea funcționării micromotorului ferorezonant parametric este descrisă de un sistem de două ecuații integro-diferențiale, corespunzătoare circuitului electric și o ecuație de mișcare a sistemului mecanic:

$$u_a = Ri_1 + \frac{1}{C} \int i_1 dt + \frac{d}{dt} \psi_1;$$

$$u_a = Ri_2 + \frac{1}{C} \int i_2 dt + \frac{d}{dt} \psi_2; \quad (3)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F_2(x) - F_1(x)}{M}.$$

În acest sistem de ecuații, inductivitățile celor două bobine depind de întrefierul fiecărei bobine (x respectiv $d - x$, unde d este întrefierul total). Pe baza măsurărilor experimentale au fost ridicate caracteristicile bobinei neliniare (fig. 3), pentru bobina L_1 există diferite valori date întrefierului $\delta_1 = x$, iar pentru bobina L_2 întrefierul are valorile $\delta_2 = d - x$. În vederea simulării numerice, caracteristicile flux-curent, asemenea cu caracteristicile experimentale tensiune-curent au fost approximate conform figurii 4 prin relațiile:

$$\psi_1 = L_1(x)i_1, \quad \text{dacă: } -\psi_0 \leq \psi_1 \leq +\psi_0,$$

$$\psi_1 = \psi_0 \left(1 - \frac{1}{L_1(x)} \operatorname{tg} \beta \right) + i_1 \operatorname{tg} \beta, \quad \text{dacă: } \psi_1 > \psi_0,$$

$$\psi_1 = -\psi_0 \left(1 - \frac{1}{L_1(x)} \operatorname{tg} \beta \right) + i_1 \operatorname{tg} \beta, \quad \text{dacă: } \psi_1 < -\psi_0, \quad (4)$$

$$\psi_2 = L_2(x)i_2, \quad \text{dacă: } -\psi_0 \leq \psi_2 \leq \psi_0,$$

$$\psi_2 = \psi_0 \left(1 - \frac{1}{L_2(x)} \operatorname{tg} \beta \right) + i_2 \operatorname{tg} \beta, \quad \text{dacă: } \psi_2 > \psi_0, \quad (5)$$

$$\psi_2 = -\psi_0 \left(1 - \frac{1}{L_2(x)} \operatorname{tg} \beta \right) + i_2 \operatorname{tg} \beta, \quad \text{dacă: } \psi_2 < -\psi_0.$$

Pantele acestor caracteristici pe porțiunile nesaturate ($|\psi| \leq \psi_0$), reprezintă inductivitățile $L_1(x)$ și $L_2(x)$ ale celor două bobine neliniare și parametrice, care sînt dependente de poziția armăturii mobile și se pot aproxima prin relațiile:

$$L_1(x) = \frac{a}{b+x} \quad \text{și} \quad L_2(x) = \frac{a}{b+d-x}. \quad (6)$$

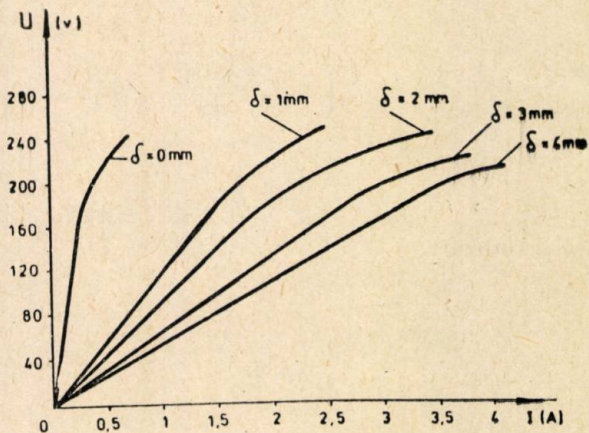


Fig. 3. Caracteristicile experimentale tensiune-curent, ale bobinei neliniare, pentru diferite valori ale întrefierului.

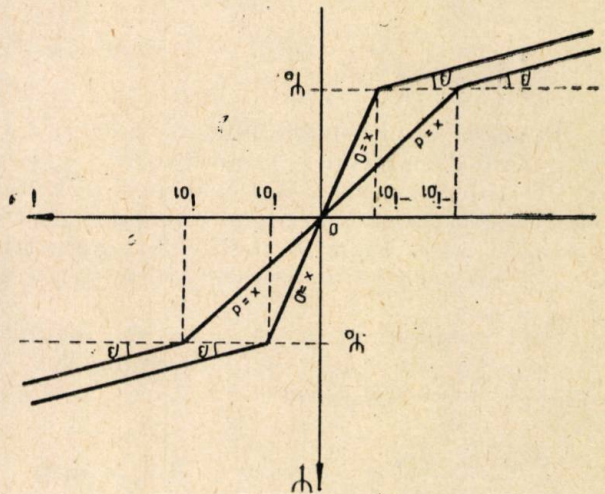


Fig. 4. Caracteristicile de aproximare flux-curent, utilizate pentru simulările numerice.

Pantele acestor caracteristici pe porțiunile saturate ($|\psi| > \psi_0$), au fost presupuse constante $\operatorname{tg} \beta = \text{const}$ independent de poziția armăturii (variabila x) sau de valoarea curentului care străbate bobinele. Forțele de atracție, care se exercită între cele două miezuri și armătura mobilă M , sînt date de relațiile:

$$F_1 = \frac{\psi_1^2}{2\mu_0 A \cdot N^2}; \quad F_2 = \frac{\psi_2^2}{2\mu_0 A \cdot N^2}. \quad (7)$$

Considerînd ca variabile de stare tensiunile la bornele condensatoarelor (u_{c1} și u_{c2}), curenții prin cele două bobine (i_1 și i_2), deplasarea „ x ” a armăturii mobile și viteza de deplasare a acesteia „ v ”, sistemul de ecuații (3) poate fi adus la forma:

$$\frac{du_{c1}}{dt} = \frac{i_1}{C}, \quad (8.1)$$

$$\frac{du_{c2}}{dt} = \frac{i_2}{C}, \quad (8.2)$$

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{1}{L_1(x)} \left[u_a(t) - \left(R + \frac{dL_1(x)}{dx} \frac{dx}{dt} \right) i_1 - u_{c1} \right], \quad (8.3)$$

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{1}{L_2(x)} \left[u_a(t) - \left(R + \frac{dL_2(x)}{dx} \frac{dx}{dt} \right) i_2 - u_{c2} \right], \quad (8.4)$$

$$\frac{dx}{dt} = v, \quad (8.5)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2\mu_0 A \cdot N^2 \cdot M} (\psi_2^2 - \psi_1^2) =$$

$$= \frac{1}{2\mu_0 A \cdot N^2 \cdot M} [L_2^2(x) \cdot i_2^2 - L_1^2(x) \cdot i_1^2]. \quad (8.6)$$

În aceste ecuații inductivitățile $L_1(x)$ și $L_2(x)$ sînt date de relațiile (6), iar fluxurile ψ_1 și ψ_2 de relațiile (4) și (5). Setul de ecuații (8.1–8.6) descrie funcționarea sistemului oscilant electromecanic atîta timp cît bobinele parametrice $L_1(x)$ și $L_2(x)$ sînt nesaturate, adică $|\psi_1| \leq \psi_0$, $|\psi_2| \leq \psi_0$.

Cînd bobinele intră în zona de saturație ($|\psi_1| > \psi_0$, sau $|\psi_2| > \psi_0$), ecuațiile (8.3) și (8.4) se modifică astfel:

$$\frac{di_1}{dt} = -\frac{\psi_0}{a} \frac{dx}{dt} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} [u_a(t) - R \cdot i_1 - u_{c1}],$$

dacă $\psi_1 > \psi_0$, (8.3')

$$\frac{di_1}{dt} = -\frac{\psi_0}{a} \frac{dx}{dt} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} [u_a(t) - R \cdot i_1 - u_{c1}],$$

dacă $\psi_1 < \psi_0$, (8.3'')

$$\frac{di_2}{dt} = -\frac{\psi_0}{a} \frac{dx}{dt} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} [u_a(t) - R \cdot i_2 - u_{c2}],$$

dacă $\psi_2 > \psi_0$, (8.4')

$$\frac{di_2}{dt} = -\frac{\psi_0}{a} \frac{dx}{dt} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} [u_a(t) - R \cdot i_2 - u_{c2}],$$

dacă $\psi_2 < -\psi_0$. (8.4'')

Ecuația (8.6) rămîne neschimbată, deoarece în membrul al doilea intervin fluxurile ψ_1 și ψ_2 , care sînt date de expresiile (4) și (5) atît pentru porțiunea nesaturată ($|\psi| \leq \psi_0$), cît și pentru porțiunea saturată ($|\psi| > \psi_0$) a caracteristicilor de magnetizare ale celor două bobine.

4. Simularea pornirii micromotorului ferorezonant parametric

Procesul tranzitoriu de pornire a micromotorului este dictat de regimul tranzitoriu al mărimilor electrice din circuitele ferorezonante, ea și de regimul tranzitoriu al sistemului oscilant mecanic, corespunzător variabilei „ x ”.

Pentru o construcție dată și pentru anumiți parametri ai circuitelor electrice, procesul tranzitoriu al micromotorului este esențial determinat de faza inițială a tensiunii de alimentare $u_a = U_a \sqrt{2} \sin(\omega t + \gamma_u)$ și de poziția inițială a armăturii mobile (coordonata $x = x_0$). În particular, condițiile inițiale pot fi nule ($\gamma_u = 0$, $x_0 = 0$).

Simularea procesului tranzitoriu la micromotorul ferorezonant parametric s-a realizat prin integrarea numerică a sistemului de ecuații (8), utilizînd metoda Runge-Kutta de ordinul IV. Programul scris în limbaj BASIC, a fost rulat pe calculatorul Wang 2200 VP. Rezultatele obținute, în urma simulărilor, au fost reprezentate grafic printr-un program de plotare.

În urma simulărilor se constată faptul că, funcționarea sistemului oscilant ferorezonant este foarte sensibilă la valorile parametrilor din circuit, lucru confirmat și de experimentările practice. Pentru anumite valori ale parametrilor, sistemul devine instabil sau nu intră în oscilații (nu apare fenomenul de ferorezonanță). Pornirea micromotorului ferorezonant parametric a fost obținută pentru următoarele valori ale parametrilor: $U_a = 15$ V; $C = 65$ μ F; $R = 30 \Omega$; $d = 2$ mm.

Coefficienții a și b care intervin în expresiile de aproximare ale inductivităților, relația, (6), au

foști determinați pe cale experimentală și au valorile : $a = 0,000596 \text{ H} \cdot \text{m}$; $b = 0,0005528 \text{ m}$.

În figura 5 este dat un exemplu de regim tranzitoriu al curenților din cele două bobine (fig. 5 a, b), precum și a mărimilor mecanice :

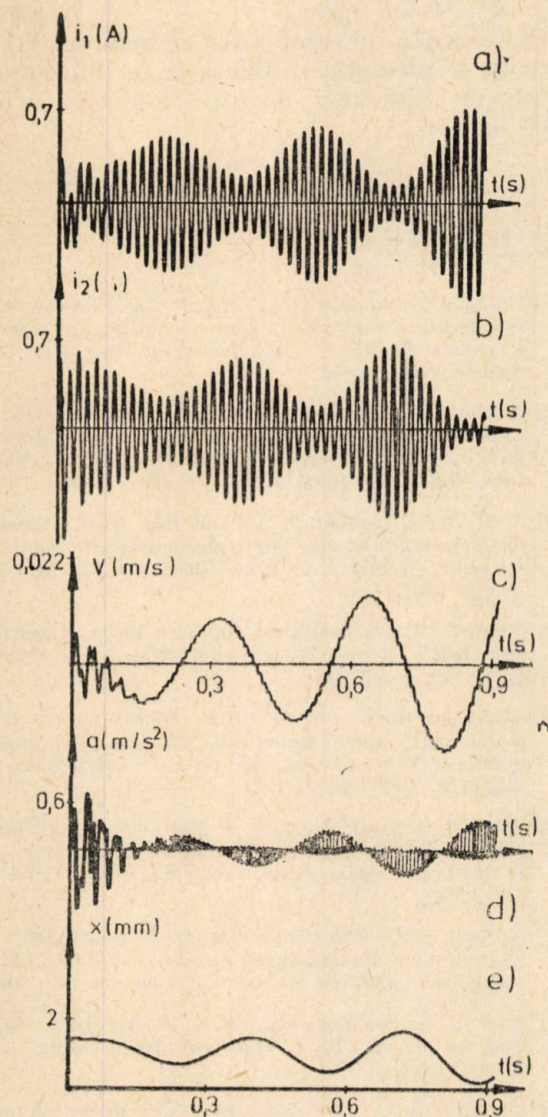


Fig. 5. Procesul de pornire a micromotorului ferorezonant parametric : a, b — curenții $i_1(t)$ și $i_2(t)$, prin cele două bobine ; c — viteza de deplasare a armăturii mobile $v = v(t)$; d — accelerația armăturii mobile $a = a(t)$; e — deplasarea armăturii mobile $x = x(t)$.

Rezultatele sînt obținute pentru următoarele valori ale parametrilor : $U_a = 15 \text{ V}$; $C = 65 \mu\text{F}$; $R = 30 \Omega$; $d = 2 \text{ mm}$.

viteza (fig. 5 c) și spațiul (fig. 5 d), corespunzător procesului de pornire a micromotorului, considerînd : $\gamma_a = \pi/2$ și $x_0 = 1,6 \text{ mm}$.

5. Analiza regimului permanent

Dacă interesează numai regimul permanent de funcționare a sistemului oscilant, atunci este mai comod a se lucra cu valorile efective ale

mărimilor electrice, descrierea fenomenului rezumîndu-se la sistemul de ecuații :

$$U_a^2 = I_1^2 \left(R^2 + \left(\omega L_1(x) - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right), \quad (9.1)$$

$$U_a^2 = I_2^2 \left(R^2 + \left(\omega L_2(x) - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right), \quad (9.2)$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{1}{2\mu_0 A \cdot N^2 \cdot M} (\psi_2^2 - \psi_1^2). \quad (9.3)$$

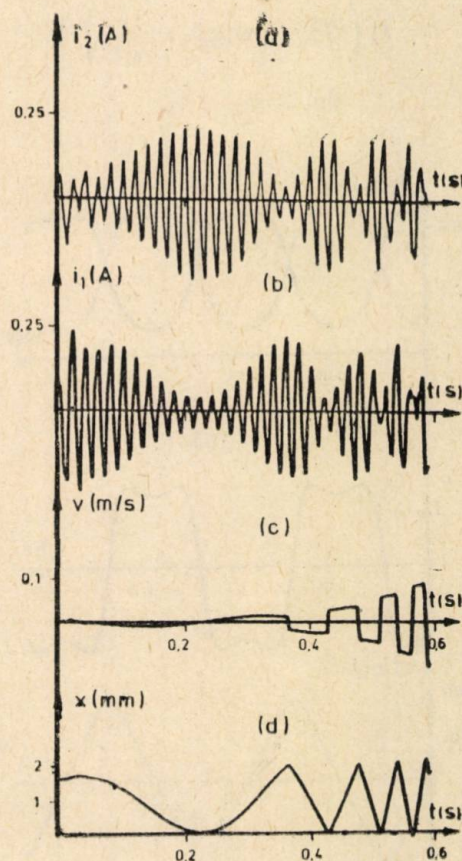


Fig. 6. Procesul de pornire a micromotorului ferorezonant parametric : a, b — curenții $i_1(t)$ și $i_2(t)$, prin cele două bobine ; c — viteza de deplasare a armăturii mobile $v = v(t)$; d — deplasarea armăturii mobile $x = x(t)$;

Rezultatele sînt obținute pentru următoarele valori ale parametrilor : $U_a = 20 \text{ V}$; $C = 50 \mu\text{F}$; $R = 30 \Omega$, $d = 2 \text{ mm}$.

Setul de ecuații descrie funcționarea sistemului oscilant în regim permanent, atîta timp cît bobinele nu sînt saturate :

$$\psi_1 \leq \psi_0 ; \psi_2 \leq \psi_0.$$

În cazul în care bobinele intră în saturație : $\psi_1 > \psi_0$ sau $\psi_2 > \psi_0$ pentru a se obține o relație echivalentă între valorile efective fluxurilor ψ_1 , ψ_2 se vor aproxima printr-o sinusoidă echi-

valentă, ecuațiile (9.1) — (9.2) modificându-se după cum urmează :

$$U_a^2 + \omega^2 \psi_0^2 \left(1 - \frac{1}{L_1(x)} \operatorname{tg} \beta \right)^2 =$$

$$= I_1^2 \left(R^2 + \left(\omega \operatorname{tg} \beta - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right),$$

dacă $\psi_1 > \psi_0$, (9.1')

$$U_a^2 + \omega^2 \psi_0^2 \left(1 - \frac{1}{L_2(x)} \operatorname{tg} \beta \right)^2 =$$

$$= I_2^2 \left(R^2 + \left(\omega \operatorname{tg} \beta - \frac{1}{\omega C} \right)^2 \right),$$

dacă $\psi_2 > \psi_0$. (9.2')

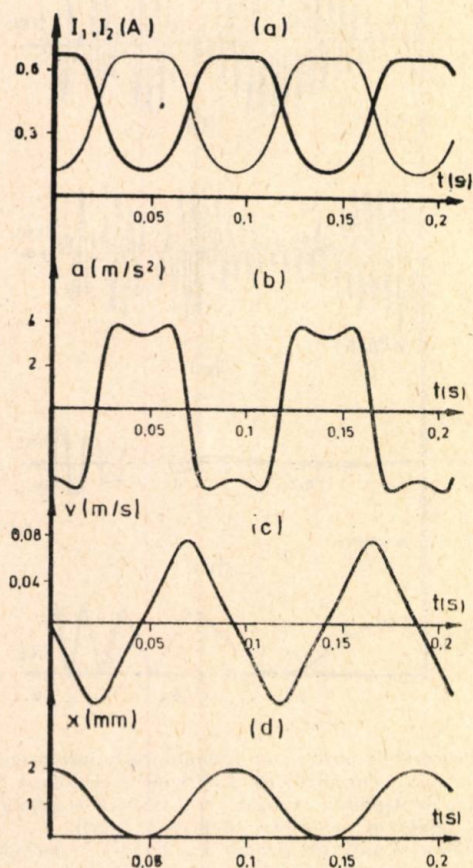


Fig. 7. Regimul permanent de funcționare : a — valorile efective ale curenților prin cele două bobine; b — accelerația armăturii mobile; c — viteza de deplasare a armăturii mobile; d — deplasarea armăturii mobile.

Mărimile care intervin în sistemul (9.1) — (9.3) au valorile :

$U_a = 20$ V; $R = 30 \Omega$; $C = 50 \mu\text{F}$; $\omega = 314$ rad/s; $\psi_0 = 0,99$ Wb; $\operatorname{tg} \beta = 0,067$; $a = 0,000596$ m·H; $b = 0,000552$ m; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m; $M = 0,5$ kg; $A = 0,972 \cdot 10^{-3}$ m²; $N = 1500$ spire.

Ca exemplu de rezolvare a sistemului (9.1) — (9.3), se prezintă, în figura 6, rezultatele obținute în cazul unei curse de 2 mm a armăturii mobile.

Bibliografie

- [1] Simion, E., Munteanu, R., Topa, V. Analysis of parametric ferroresonant micromotor oscillation. In: *Electromechanics Applied to Manufacturing Processes*. Univ. Napoli, Italy. 1985.
- [2] Simion, E., Munteanu, R., Topa, V. Double acting parametric ferroresonant micromotor in levitation regime. In: *Proceedings of BICEM'87*, Academic publishers, Book II, China, 1987, p. s-28 — s-31.
- [3] West, J. C., Jaywant, B. V., and Rea, D. P. Transition characteristics of the jump phenomenon in nonlinear resonant circuits. In: *Proc. IEE*, vol. 114, p. 381 — 392, 1967.
- [4] Swift, G. W. An analytical approach to ferroresonance. In: *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-88, Jan. 1969, p. 42 — 46.
- [5] Jaywant, B. V. and M.F.E.R. Taha. Analysis of ferroresonant jump phenomenon in mutually coupled nonlinear LCR circuits. In: *Int. J. Control*, vol. 13 no. 6, p. 1009 — 1026, 1971.
- [6] Maklod, M. S. and Zaky, A. A. Multimodal operation of a ferroresonant circuit with quintic nonlinearity. In: *IEEE Trans. Magn.*, vol. MAG-12, July 1976, p. 380 — 384.
- [7] Maklod, M. S. and Fahmy, M. M. An analytical investigation of a ferroresonant circuit. In: *IEEE Trans. Magn.* vol. MAG-16, no. 2, Mar. 1980, p. 465 — 468.
- [8] West, J. C. and Jaywant, B. V. A new linear oscillating motor. In: *Proc. IEE*, vol. 109A, Aug. 1962, p. 292 — 300.
- [9] Smith, B. H. Asynchronous reluctance motor using ferroresonance. In: *Proc. IEE*, vol. 114, no. 11, Nov. 1967, p. 1707 — 1716.
- [10] Blakley, J. J. A study of nonlinear resonance phenomena in novel electromechanical devices. In: *Ph. D. Dissertation*. Queen's University of Belfast, Jan. 1978.
- [11] * * * On an analysis of a novel circuit electromechanical oscillator with a long traverse of motion. In: *Proc. IEEE*, vol. 70, no. 3, Mar. 1982, p. 310 — 311.
- [12] Blakley, J. J. A Linear oscillating ferroresonant machine. In: *IEEE Transaction on Magnetics*, vol. MAG-19, no. 4, 1983.

Termistor perlă miniaturizată semirefractar

CONSTANTIN CODREANU, STELIANA CODREANU* — CLUJ-NAPOCA

Introducere

Ca traductor de temperatură, cu parametri și caracteristici statice și dinamice extrem de variate, calitativ și cantitativ, termistorul a cucerit poziții din ce în ce mai spectaculare, ca element termosensibil, într-o mulțime de scheme și circuite electrice, în care variația cu temperatura a rezistenței electrice a termistorului poate fi utilizată eficient ca informație necesară măsurării, controlului și reglării automate a unei largi categorii de mărimi ne-termice și ne-electrice, în diferite procese tehnologice industriale [1].

În lucrarea de față se prezintă parametrii și caracteristicile de bază ale unui tip de termistor perlă miniaturizată, cu limita maximă de temperatură de 350°C (semirefractar), obținut pe baza unei tehnologii originale [2].

În sistemul MnO-CoO, cu adaosuri de Al_2O_3 și LaB_6 , prin încălzire pînă la 1 600°C, au fost obținute probe sferice, cu diametrul de (0,8–1) mm, pe două fire de platină, cu diametrul de 0,1 mm la o distanță de 0,4 mm, care au rolul de contacte exterioare. Forma sferică se realizează pe seama tensiunii superficiale a materialului, adus pînă la o temperatură apropiată de temperatura de topire.

După o îmbătrînire artificială corespunzătoare, au fost studiate proprietățile fizice și parametrii de bază la un lot de 100 de probe, cu diferite compoziții ale adaosurilor.

Rezistența nominală la temperatura de 100°C are valori cuprinse între (9÷30) kohm. În figura 1 este reprezentată caracteristica termică $R(T)$ tipică, pentru un termistor cu $R_{100} = 14,7$ kohm. Pe aceeași figură este dată, pentru comparație, caracteristica termică a unui termistor asemănător, pentru al cărui material nu sînt prezente adaosurile menționate¹.

Curba se aproximează foarte bine prin funcția :

$$R_T = A e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}\right)},$$

cu $A = 0,06$ ohm, iar $T_0 = 100^\circ\text{C}$ este temperatura de referință.

B este constanta electronică de material definită ca :

$$B = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_1}{R_2},$$

¹ Termistor realizat în microproducție la Catedra de Fizică și Termotehnică de la Inst. Politehnic — Cluj-Napoca.

* Prof. dr. ing. Codreanu, C. și lect. dr. Codreanu, S. — Institutul Politehnic — Cluj-Napoca, fac. de Mat. Fizică.

cu valorile de 5 900°K și 4 080°K, trecerea de la o valoare la alta avînd loc în jurul temperaturii de 175°C (fig. 2). Pe aceeași figură este dată, spre comparație, funcția $\ln R(1/T)$ pentru termistorul-martor, de unde se vede că pentru

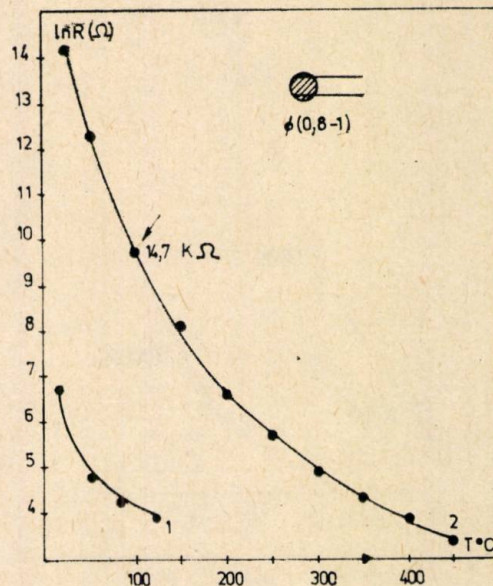


Fig. 1

temperaturi mari adaosurile influențează puternic asupra constantei electronice B , ceea ce permite obținerea unui coeficient termic al rezistenței electrice :

$$\alpha_T = - \frac{B}{T^2} \% / \text{grd},$$

cu valori de pînă la 1%/grd la temperatura de 350°C, în timp ce pentru termistorul-martor aceeași valoare a lui α_T se obține la temperatura de numai 120°C. În jurul temperaturii de 175°C coeficientul termic variază repede de la valoarea 3 la valoarea 2%/grad (fig. 3).

Cele două valori ale constantei electronice B corespund la două domenii ale conductivității electrice caracterizate prin două valori ale energiei termice de activare a purtătorilor de sarcină :

$$\Delta E = 2k_B \alpha_T T^2,$$

de 1,6 respectiv 1,1 eV, în timp ce pentru proba-martor valorile sînt de 1,4, respectiv 0,4 eV.

Stabilitatea proprietăților fizice, precum și valorile coeficientului termic al rezistenței fac posibilă utilizarea acestui termistor, cu bune

performante, în domeniul de temperatură de la temperatura camerei până la 300–350°C.

Coeficientul termic de disipare în aer calm, definit ca putere disipată de rezistență pentru

are valoarea de 0,01 wat/grd, iar sensibilitatea energetică, definită ca putere necesară pentru o variație de 1% a rezistenței termistorului este de 0,002 wat/%R.

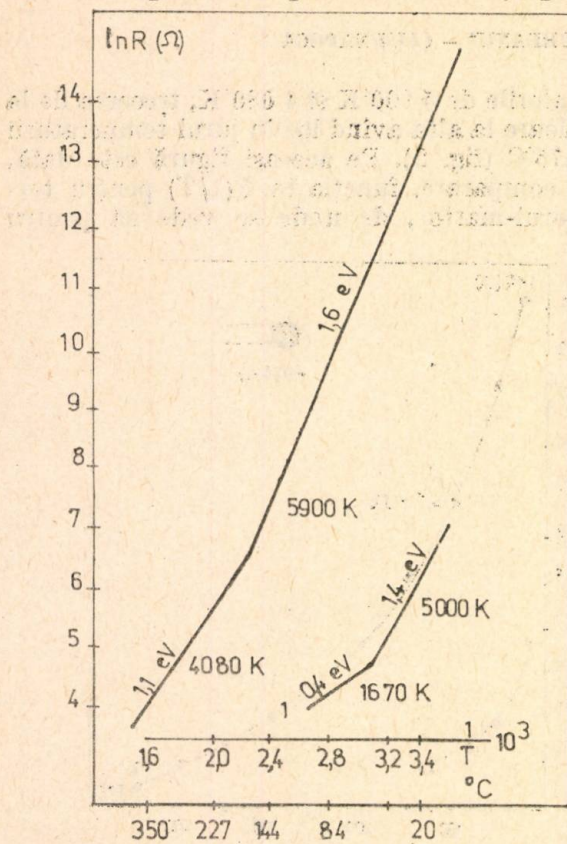


Fig. 2

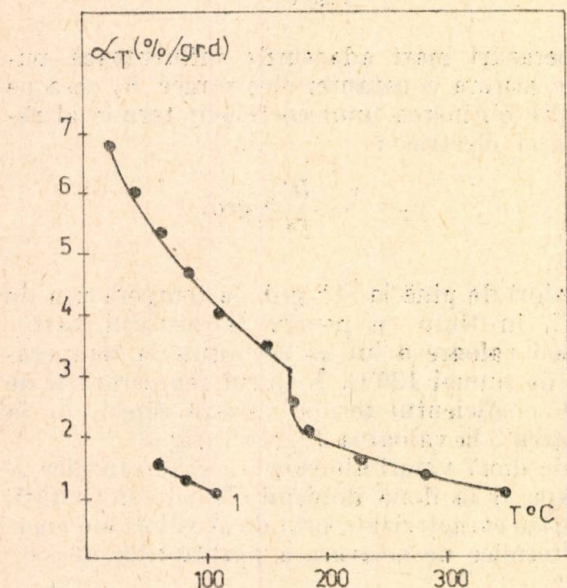


Fig. 3

o diferență de temperatură de 1°C, între temperatura termistorului și temperatura mediului înconjurător :

$$H = \frac{\Delta P}{T - T_m},$$

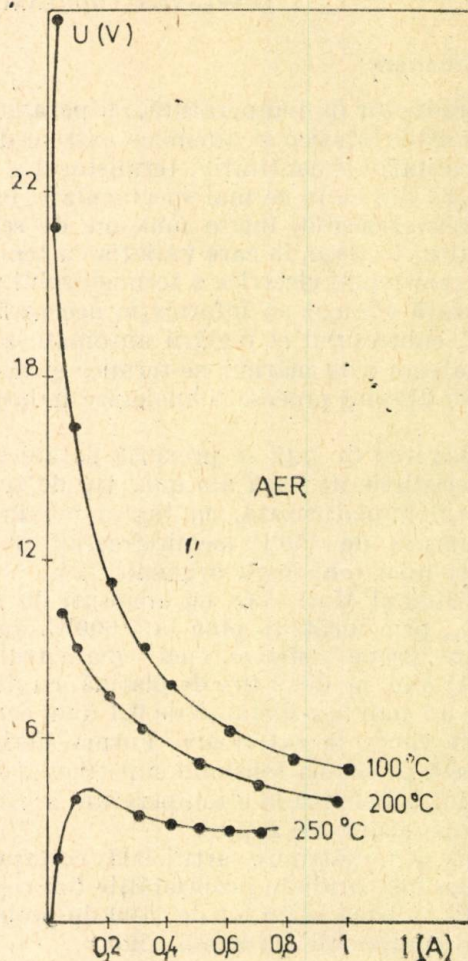


Fig. 4

În figura 4 este ilustrată o familie de caracteristici statice curent-tensiune, pentru temperaturile de 100, 200, 230°C ale mediului înconjurător (aer calm), din care se poate trage concluzia că termistorul semirefractar obținut poate fi utilizat în diverse scheme de măsurare, reglare, control automatizat, pe baza pronunțatului efect de releu pe care îl pune în evidență caracteristica statică, în domenii convenabile ale valorilor tensiunii și curentului electric, la temperaturi relativ ridicate.

Fiind protejat (la nevoie) în sticlă, termistorul ar putea fi utilizat și în unele medii corozive chimice.

Bibliografie

- [1] Codreanu, C., Coloși, T. Termistoare și varistoare în măsurări și automatizări, București, Ed. Tehnică, 1970.
- [2] Codreanu C. Vancea, M. Cosma, I. Brevet inv. 68105/1974. Procedu și dispozitiv pentru confecționarea termistoarelor tip perlă.

CZ 621.367 : 629.12

CALCULATOR DE PROCES

Microcalculator pentru precalcularea încărcăturii navelor tip petrolier și BULK—CARRIER—CENROM

IOAN SANDU LAZĂR*, VIRGIL NIMEREALĂ*, MARIUS ȘERBĂNESCU*, SILVIA NIMEREALĂ*,
CLAUDIAN DUMITRIU* — BUCUREȘTI, GEORGE NEDELICU** — GALAȚI

Introducere

În cazul distribuției încărcăturii unei nave, estimările sînt deosebit de riscante și în cel mai bun caz, conduc la costuri foarte ridicate.

Manualul de încărcare a unei nave conține exemple de calcul pentru condiții de plecare și de sosire, încărcări și descărcări așa cum sînt calculate de șantierul naval. Este însă imposibil să se prevadă toate distribuțiile încărcăturii și să fie incluse într-un manual.

Calculule manuale sînt în general laborioase și susceptibile de erori, conducînd la un timp de răspuns foarte lung, ceea ce este de cele mai multe ori, total nesatisfăcător. Rezultă necesitatea folosirii unui instrument de calcul ușor de minuit, pentru verificarea condițiilor de rezistență, asietă, încărcare și stabilitate ale navei.

Echipamentul cu microprocesoare pentru precalcularea încărcării și descărcării navelor, **CENROM** răspunde la aceste necesități, oferind în plus posibilitatea simulării diverselor etape ale operării navei. Se poate găsi astfel soluția admisă și se pot evita consecințele neplăcute ale unei distribuții incorecte a încărcăturii, sau a încălcării unor reguli și prevederi ale convențiilor internaționale sau ale regulilor locale.

1. Descriere generală

Echipamentul **CENROM**, realizat sub supravegherea Registrului Naval Român, este un echipament specializat al cărui sistem de programe asigură precalcularea distribuției corecte a încărcăturii navelor pentru evitarea situațiilor de încărcare incorectă care pot duce la supunerea corpului navei la eforturi periculoase, mărind viteza de încărcare și descărcare în condiții de maximă securitate și eficiență.

Echipamentul poate fi instalat în funcție de necesități într-unul din compartimentele: camera de control-încărcare marfă, timonerie sau post central de comandă. Fiind realizat pe baza de circuite larg integrate, conceput modu-

lar, echipamentul prezintă o serie de avantaje ca :

- fiabilitate sporită;
- funcționare în mediu neclimatizat;
- consum redus de energie;
- gabarit redus;
- compactitate;
- simplitate în operare.

Soluția constructivă pentru acest echipament este de tip „*DESK-TOP*”, ceea ce asigură :

- compactitate;
- facilități în operare;
- simplitatea instalării;
- mentenabilitate și depanabilitate.

Greutatea echipamentului este de 15 kg, respectiv 16 kg pentru imprimanta termică *CP-100N*.

Dimensiunile de gabarit pentru echipament sînt: 500×325×320 mm respectiv de 355×345×165 mm pentru imprimanta termică.

Sistemul de programe aferent echipamentului **CENROM** este de tip conversațional și este specific fiecărei nave. Algoritmul de încărcare nave este identic pentru navele de același tip, iar baza de date este specifică fiecărei nave.

2. Structura hardware

Microcalculatorul pentru precalcularea încărcăturii navelor **CENROM** este realizat din punct de vedere constructiv din 2 blocuri :

- unitatea de calcul;
- imprimanta termică *CP-100N*.

Unitatea de calcul cuprinde următoarele module :

— Unitatea centrală — *SBC MINII* — care este un calculator pe o singură placă realizat pe baza microprocesorului **INTEL 8080A** și care coordonează activitatea întregului echipament. Asigură următoarele caracteristici :

- unitate de prelucrare — microprocesor cu 8 biți;
- memorie *ECPROM*;
- memorie *RAM CMOS* — cu salvare pe baterie;
- sistem de întreruperi pe 8 nivele;
- ceas de timp real;
- interfața paralelă cu imprimanta și display-ul grafic;

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

** ICEPRONAV — Galați.

— interfața cu tastatura și cu display-ul numeric;

— interfața serială de comunicație.

— Modul de extensie memorie — care permite extinderea memoriei echipamentului cu 32 kocteți **EPROM** și 4 kocteți **RAM**.

— Modul de afișare care permite vizualizarea datelor;

Se compune din:

— display numeric;

— display grafic;

— indicatori luminoși.

Display-ul numeric este format din 32 afișoare (**LED**-uri) cu 7 segmente dispuse astfel:

— 6 **LED**-uri pentru afișarea **DEAD-WEIGHT**-ului în **tdw**;

— 5 **LED**-uri pentru afișarea valorii numerice exprimate, în % din valoarea maximă admisă a forței tăietoare sau a momentului încovoietor în secțiunile navei;

— 4 **LED**-uri pentru afișarea valorii numerice a momentului maxim, în % din valoarea admisă (inclusiv semnul);

— 5 **LED**-uri pentru afișarea valorii numerice exprimate — în metri a pescajului-pupa sau prova (trei zecimale);

— 2 **LED**-uri pentru afișarea numărului compartimentului sau a secțiunii selectate;

— 7 **LED**-uri pentru afișarea valorii cantității introduse în compartimentul selectat (cu 2 zecimale);

— 3 **LED**-uri pentru afișarea raportului dintre „**CORRECTED KG**” și **ALLOWABLE KG**” (specific navelor de tip bulk-carrier).

Pe display-ul numeric se găsesc indicatori luminoși (**LED**-uri punctiforme) dispuși astfel:

— 3 **LED**-uri pentru selectarea condițiilor de lucru:

HC — Harbour condition — nava este în port;

SC — Sea condition — nava este pe mare;

PE — Propeller emersion — situație specifică când elicea este scoasă din apă (specifică navelor de tip petrolier);

2 **LED**-uri pentru selectarea graficului momentelor încovoietoare/forțelor tăietoare din care unul singur este aprins la un moment dat;

2 **LED**-uri pentru selectarea unității de măsură a cantităților ce se introduc;

WEIGHT

VOL — specific navelor de tip petrolier;

1 **LED** pentru dialogul cu imprimanta.

Display-ul grafic este format din:

— o matrice de 21 linii și maxim 12 coloane pe care se vizualizează curba momentelor încovoietoare sau a forțelor tăietoare în procente din valoarea admisă în secțiunile navei;

— o linie de depășire — **OFL** — cu maxim 12 **LED**-uri, reprezentând depășirea procentului

100% pentru forțele tăietoare sau momente încovoietoare;

— o linie **STN** cu maxim 12 **LED**-uri reprezentând secțiunile navei, respectiv coastele corespunzătoare (**FRAME NO.**)

Modul tastatura — care permite selectarea comenzilor și introducerea datelor de către operator prin intermediul tastelor.

Tastatura este formată din 28 de taste grupate astfel:

— 11 taste numerice (cifrele 0...9 și punct zecimal);

— 14 taste funcționale.

Modul-alimentare care asigură alimentarea unității de calcul de la rețeaua de 220 Vc.a., 50 Hz.

Imprimanta termică **CP-100N** varianta navalizată din producția **IEPER** București se interconectează la unitatea de calcul printr-un cablu de legătură și la cererea operatorului asigură tipărirea datelor de intrare și a rezultatelor obținute în urma calculelor.

Imprimanta termică **CP-100N** are următoarele caracteristici:

— viteza 180 linii/minut;

— alimentare 220 Vc.a., 50 Hz $\pm 5\%$;

— putere consumată în imprimare 150 VA;

— putere consumată în stare de așteptare 25 VA.

3. Sistem de programe

Pe echipamentul **CENROM** au fost implementați algoritmi de încărcare nave tip petrolier și nave tip bulk-carrier.

Algoritmi de încărcare nave tip petrolier și nave tip bulk-carrier au fost realizați de către **ICEPRONAV** — Galați, implementarea efectuându-se la Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări București.

Sistemul de operare aferent echipamentului **CENROM** este de tip conversațional și este specific fiecărei nave. Algoritmul de încărcare este același pentru un tip de nave, dar baza de date este specifică fiecărei nave.

Operarea echipamentului **CENROM** este simplă și nu necesită din partea utilizatorului o pregătire specială.

Utilizarea echipamentului la bordul navei se face astfel:

— echipamentul permite introducerea de către operator prin intermediul tastaturii a condițiilor de încărcare și a cantităților pe care le dorește în compartimentele navei;

— după stabilirea unei situații de încărcare, la comanda operatorului echipamentul efectuează calculele de determinare a solicitărilor la care este supusă nava și prezintă operatorului rezultatele;

— la cerere datele de intrare și rezultatele sînt tipărite la imprimantă.

Asigurarea corectitudinii operării și rezultatelor obținute la calculator, este realizată prin protecții software și hardware.

3.1. Sistem de programe aferent echipamentului CENROM destinat navelor tip petrolier

Sistemul de programe permite determinarea forțelor tăietoare și a momentului de încovoiere pentru secțiunile navei, elementele deplasamentului și caracteristicile asietei, ale navei. Permite, de asemenea, și determinarea momentului încovoietor maxim, precum și coasta pe care se atinge acesta.

Funcțiile sistemului de programe sînt următoarele :

- introducerea datelor de către operator prin intermediul tastaturii echipamentului;
- efectuarea calculelor pentru determinarea următorilor parametri :

- pescaj-pupa, prova, mediu;
- deplasament;
- deadweight;
- momente de încovoiere în secțiunile navei;
- forțe tăietoare în secțiunile navei;
- momentul încovoietor maxim și coasta pe care se atinge;
- afișarea pe display-ul numeric a valorilor pentru :

- deadweight;
- forța și momentul, % din admisibil în secțiunea selectată;
- momentul maxim, % din admisibil;
- pescajul-pupa sau prova.
- afișarea pe display-ul grafic pentru :
- graficul pentru momente de încovoiere în secțiunile navei;
- graficul pentru forțele tăietoare în secțiunile navei;
- afișarea datelor de intrare și a rezultatelor la imprimanta termică CP-100N;
- autotestarea echipamentului — verificarea bunei funcționări a :

memoriei RAM;

memoriei PROM;

blocului de afișare;

blocului de introducere date.

3.2. Sistemul de programe aferent echipamentului CENROM destinat navelor de tip bulk-carrier

Ca urmare a analizei cerințelor societăților de clasificare, a necesităților existente la bordul navelor, cît și a tendințelor mondiale de evoluție a microcalculatoarelor de bord, algoritmul de încărcare nave tip bulk-carrier este un algoritm multifuncțional care poate rezolva următoarele probleme :

Analiza unei situații de încărcare în cadrul căreia sînt asigurate următoarele funcțiuni :

- calcule de asieta și deplasament;
- verificarea stabilității în cazurile de balast sau transportului de cereale;

- verificarea stabilității în cazurile de balast sau transportului de mărfuri necerealiere;
- determinarea înclinării transversale a navei;

- determinarea perioadei oscilațiilor de rulu;
- verificarea rezistenței generale longitudinale.

Determinarea deplasamentului prin metoda pescajelor în scopul determinării cantității de marfă de la bord și a celorlalți parametri necesari operării navei ca :

- pescaj mediu actual;
- cantitate de marfă rămasă de operat în port, în tonometru pescaj mediu rămas de operat în port, în funcție de densitatea apei din portul de operare; pescajele citite ale navei și pescajul cerut în portul de operare al navei.

Aceste două probleme, deși au o tratare separată în cadrul algoritmului, utilizează o bază de date comune.

Funcțiile sistemului de programe sînt următoarele :

- introducerea datelor de către operator prin intermediul tastaturii echipamentului;
- efectuarea calculelor pentru determinarea :

- A
- componenta deplasamentului;
 - pescaje : pupa, prova, mediu, pe carena dreaptă;
 - asieta;
 - imersiunea minimă a palei;
 - unghiul de canarisire;
 - cota centrului de greutate al navei corectată pentru suprafețele libere lichide;
 - cota critică a centrului de greutate;
 - înălțimea metacentrică corectată;
 - perioada oscilațiilor de rulu.

Dacă nava transportă cereale atunci se obțin :

- momentul de alunecare al cerealelor;
- aria reziduală;
- unghiul de înclinare datorat cerealelor.

Rezistența generală longitudinală :

- forțele tăietoare în secțiunile navei;
- momentele de încovoiere în secțiunile navei;
- tipul solicitării fiecărei secțiuni;
- momentul încovoietor maxim și localizarea lui pe navă în raport cu secțiunile de control.

- B
- pentru calculul deplasamentului prin metoda pescajelor se obțin :

- componenta deplasamentului;
- pescaje;
- asieta navei;

- a)
- pentru operații de încărcare :

- cantitatea de marfă de la bordul navei;
- cantitatea maximă ce poate fi încărcată pînă la pescajul final admis;

- cantitatea de marfă rămasă de operat până la pescajul final admis;
- b — pentru operații de descărcare: cantitatea de marfă rămasă de descărcat;
- afișarea pe display-ul grafic a curbelor pentru momentele de încovoiere, respectiv forțele tăietoare în secțiunile navei;
- afișarea datelor de intrare și a rezultatelor la imprimanta termică CP-100N;
- autotestarea echipamentului.

4. Condiții de funcționare

Echipamentul corespunde cerințelor mecano-climatice impuse de RNR echipamentelor electronice navale destinate să funcționeze în interiorul încăperilor și anume:

- temperatura nominală de regim a mediului înconjurător: 0 grade C la +45 grade C;
- temperatura de stocare: -25 grade C la 65 grade C;
- condiții de umiditate: 95% la 25 grade C;
- condiții de ceață salină;
- condiții de stabilitate la vibrații în gama de 5—63 Hz cu amplitudinea maximă de 2,5 mm;
- condiții de stabilitate și de rezistență la scuturături cu durată impulsului de 10—15 ms și accelerația de 100 m/s la pătrat.

5. Soluții tehnice adoptate și concluzii

Un obiectiv important urmărit la realizarea echipamentului CENROM a fost acela de a permite o siguranță ridicată în funcționare, în condițiile utilizării echipamentului în domeniul naval.

În scopul creșterii fiabilității și a reducerii consumului de energie, s-a urmărit utilizarea unor componente electronice cu un grad înalt de integrare și realizare într-o tehnologie cu consum redus (LS și CMOS).

Partajarea funcțiilor pe plachete s-a făcut astfel încât să se reducă la maxim conexiunile.

Pentru creșterea securității în funcționare au fost stabilite măsuri prin proiectarea adecvată a software-ului. La inițializarea sistemului sau la cererea operatorului se poate executa un program de autotestare.

Din punct de vedere al mentenabilității și disponibilității a fost adoptată o soluție „*DESK-TOP*” care oferă compactitate, facilități în operare și instalare, greutate redusă pentru asigurarea unei bune comportări la șocuri și vibrații.

Echipamentul și sistemul de programe destinat navelor tip petrolier și bulk-carrier au avize RNR.

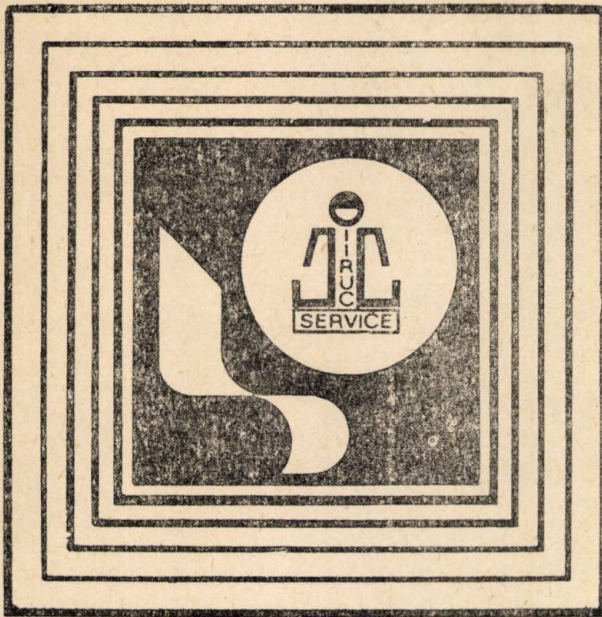
Echipamentul CENROM prin performanțele sale se aliniază la nivelul echipamentelor similare produse de firme străine de prestigiu (LOAD MASTER 50 produs de firma KOCKUMS—Suedia).

Utilizarea echipamentelor CENROM la bordul navelor asigură:

- efectuarea operațiilor de încărcare/descărcare nave în condiții de maximă siguranță și conform prevederilor convențiilor internaționale maritime;
- optimizarea duratei transporturilor și reducerea cheltuielilor legate de staționarea în porturi, datorită reducerii timpului necesar operațiilor de încărcare.

Bibliografie

- [1] * * * Algoritm de încărcare/descărcare nave tip petrolier și tip bulk-carrier avizat de RNR.
- [2] Bucur, C.A. Popeea, Gh., Simion, Gh. Matematici speciale — Calcul numeric, C.M.
- [3] * * * Component Data Catalog — Intel 1982.
- [4] Ardeleanu, I. Cioroiu, M., Liviu-Lica Petrescu, Circuite integrate CMOS — Manual de utilizare, Ed. Tehnică, Buc. 1986.
- [5] * * * Microsystem Componentes Handbook — Intel.
- [6] * * * The TTL Data Book for Design Engineers — Texas Instruments.



IIRUC service

Întreprinderea pentru Întreținerea
și Repararea Utilajelor de Calcul
și de Electronică Profesională

București — România
Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, sector 2
Telefon : 88.20.70
Telex : Service I.I.R.U.C. 11716 R

Întreprinderea noastră a luat ființă în 1968, în București.

Acum, IIRUC oferă service tehnic pentru o gamă foarte largă de echipamente, printre care:

- comandă numerică pentru mașini-unelte
- sisteme și minisisteme de calcul
- instrumente electronice de analiză și măsură
- automate de dirijarea circulației
- televiziune în circuit închis
- radiotelefoane
- aparatură medicală
- diverse alte echipamente

În principal, service-ul tehnic pe care îl oferim se compune din :

- întreținerea preventivă periodică
- intervenții la cerere la sediul beneficiarului
- reparații și recondiționări în laboratoare proprii
- instruirea personalului de exploatare al beneficiarului.

Aceste servicii sunt oferite atât utilizatorilor, cât și producătorilor români sau străini, în România sau pe terțe piețe.

11 SECȚII

DE PRODUCȚIE — 80 DE FILIALE

În prezent, IIRUC deține contracte de service cu mai mult de 16 000 de beneficiari români sau străini, deservind un parc de peste 350 000 de unități fizice.

Mai mult decât atât, acest parc se caracterizează prin existența a aproximativ 1 000 de tipuri diferite de echipamente, provenind de la 60 de producători independenți.

Pentru a răspunde acestor cerințe, ne-am structurat activitatea pe 11 secții de producție coordonate prin Sediul Central din București.

Secții naționale pentru service dedicat

- S 15 — Procese automatizate prin comandă numerică
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 87.37.20
- S 20 — Sisteme și minisisteme de calcul cu utilizare generală
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.68.20

Secții teritoriale pentru service generalizat

- S 03 — BUCUREȘTI
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.60.65
- S 07 — OLTEANIA
— Cartier Rovine, bl. A, Craiova/România, tel. : 941/4.70.61
- S 08 — BANAT
— Piața 700, Timișoara/România, tel. : 961/3.45.26
- S 09 — TRANSILVANIA-NORD
— Str. Cîmpeni nr. 28, Cluj-Napoca/România, tel. : 951/3.41.14
- S 10 — TRANSILVANIA-SUD
— Str. Traian nr. 34, Brașov/România, tel. : 921/3.09.37
- S 11 — MOLDOVA
— Str. Republicii, Iași/România, tel. : 981/3.28.44, 3.33.02
- S 12 — MUNTENIA
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.61.80
- S 13 — DOBROGEA
— Str. Poporului nr. 121, Constanța/România, tel. : 916/6.45.95, 6.47.93

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA“ (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice, apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.) București. Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei, București, Calea Vic-

toriei, nr. 133, telefon 50.40.90, int. 475 și 695, plata abonamentelor făcându-se prin mandat postal pe adresa: I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45—47, București, cont virament nr. 301700301 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare este de 120 lei; nu se fac decît abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Cititorii din străinătate care doresc să se aboneze la revista E.E.A. — ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA și AUTOMATICA se pot adresa Întreprinderii „ILEXIM“ — departamentul export — import presă — București — Calea Griviței nr. 64—66. P.O.B. — 2001 — Telex 01.12.26



Tiparul :
Întreprinderea Poligrafică „Informația“
București, str. Brezoianu nr. 23—25, cd. 2353



